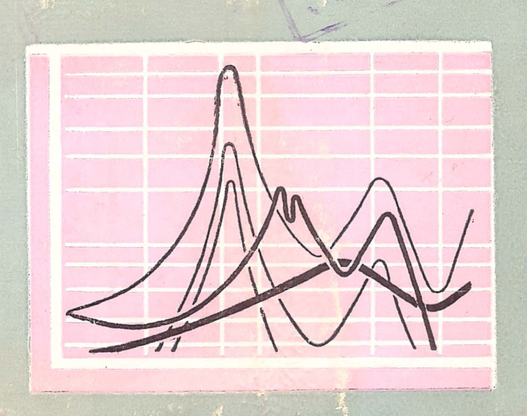
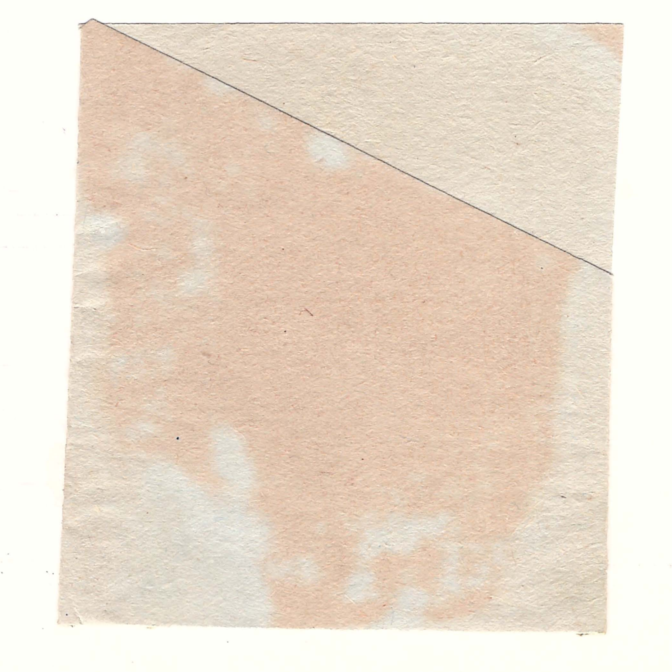
И. Е. Финклер

ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕФОННОГО ТРАКТА



СВЯЗЬИЗДАТ • 1961

К отд. связи
№ 5(3).



И. Е. ФИНКЛЕР

Электроакустические характеристики телефонного тракта





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ
ПО ВОПРОСАМ СВЯЗИ И РАДИО
МОСКВА 1961

ПРЕДИСЛОВИЕ

Исторические решения XXII съезда КПСС — съезда строителей коммунизма — предусматривают дальнейший значительный рост и совершенствование всех электрических средств связи. В частности, большое развитие получит телефонная связь в количественном и качественном отношении.

Качество передачи на телефонной сети определяется электроакустическими свойствами телефонного тракта, защищённостью его от помех и надёжностью коммутации. Электроакустические свойства тракта, в свою очередь, сильно зависят от телефонных аппаратов. Поэтому нужно вести систематическую работу по исследованию телефонных аппаратов и изысканию новых технических средств, обеспечивающих повышение их качества. Наряду с этим необходимо среди специалистов телефонной связи широко популяризировать материалы по телефонной электроакустике, которые помогали бы им в практической работе.

Цель настоящей книги — довести до специалистов вполне конкретные сведения из области электроакустики и телефонии, как, например: о частотной зависимости чувствительности аппарата в режиме передатчика и приёмника; об эквиваленте затухания местной системы с различными аппаратами; о зависимости потерь дальности от напряжения помех, напряжения линейных и станционных шумов и др.

В книге помещены основные электроакустические и электрические характеристики элементов телефонного тракта—телефонных аппаратов, местных систем с различными аппаратами, станционных четырёхполюсников, а также тракта в целом. Кроме того, приведены оценки шумовых помех разговору, полученные по методу мнений, даны эквиваленты затухания передачи по громкости и разборчивости, приведены схемы телефонных аппаратов и элементов АТС, участвующих в разговорном тракте и др.

Материал носит справочный характер и может быть использован инженерно-техническими работниками телефонной связи в своей практической работе.

Книга состоит из четырёх глав.

В первой главе изложены особенности телефонных трактов и методы их оценки. Дана классификация трактов городской и сельской телефонной связи. Приведены некоторые материалы из трудов МККТТ.

Во второй главе помещены краткие сведения о телефонных аппаратах, даны их схемы и основные электроакустические характеристики. Рассматриваются методы автоматического управления балансировкой схемы и уровнем приёмо-передачи с помощью варисторов (аппарат Белл-500) и с помощью лампы-сопротивления и селеновых шайб (аппарат 706). Приведены данные о работе угольного микрофона при малых токах питания в телефонных аппаратах с усилением передачи (аппараты ЦБ-И-57 и ЦБ-И-58). Сообщаются некоторые данные о желаемых и экономически целесообразных пределах громкости приёма относительно однометрового воздушного тракта (аппараты типа 700 и 706 (7А).

В третьей главе даны схемы питающих мостов и других элементов АТС, находящихся в разговорном тракте. К числу последних относятся устройства для индуктивной передачи сигналов управления и взаимодействия сельских АТС. Приведены частотные зависимости собственного затухания и характеристического сопротивления этих устройств.

В четвёртой главе помещены краткие данные о станционных и линейных шумах. Рассматривается влияние этих шумов на качество передачи. Приводятся оценки качества передачи по методу мнений, который является общепризнанным для подобных целей.

В книге использованы материалы измерений, проводившихся под руководством автора в лаборатории телефонной электроакустики Научно-исследовательского института городской и сельской телефонной связи Министерства связи СССР (НИИТС), а также некоторые литературные источники и труды 12 ИК МККТТ.

Графики, помещённые в четвёртой главе, взяты из совместной работы, выполненной доцентом Н. Д. Курбатовым, инж. И. Е. Финклером и инж. В. А. Соколовым в 1956 г.

Автор считает своим приятным долгом выразить благодарность всем сотрудникам НИИТС и особенно сотрудникам лаборатории телефонной электроакустики, принимавшим участие в подготовке рукописи.

Автор выражает также признательность ответственному редактору доценту Е. К. Кузнецову за ценные указания, способствовавшие улучшению книги.

Все замечания по книге следует направлять в Связьиздат (Москва-центр, Чистопрудный бульвар, 2).

Автор

ОБЪЯСНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЕРМИНОВ

1. Эквивалент затухания — разность величин затуханий, введённых в эталонную и испытуемую системы, при которой достигается одинаковая громкость.

До введения в действие системы NOSFER эквивалент затухания оценивается по отношению к системе SFERT. Если обозначить:

J — эквивалент затухания по громкости;

$b_э$ — затухание, вводимое в эталонную систему;

$b_и$ — затухание, вводимое в испытуемую систему, то

$$J = b_э - b_и \; (неп, \; дб).$$

Различают эквивалент затухания передачи, приёма и местного эффекта.

2. Относительный эквивалент затухания — то же, что (1), но измеренный на эталонной аппаратуре ARAEN.

Между (1) и (2) имеется количественная связь, несколько различная для различных типов телефонных аппаратов (особенно на передачу).

3. Эквивалент затухания по разборчивости — разность величин затуханий, введённых в эталонную и испытуемую системы, при которой достигается равная разборчивость.

В трудах МККТТ эквивалент затухания по разборчивости обозначается сокращенно AEN.

AEN определяется с помощью эталонной аппаратуры (системы) ARAEN путём измерения звуковой разборчивости $Д$ в функции затухания тракта.

Если $b_э$ и $b_и$ — затухания, введённые в эталонную и испытуемую системы при одинаковых значениях разборчивости $D=80\%$, как это рекомендуется МККТТ, то

$$AEN = b_э - b_и \; (неп, \; дб).$$

4. SFERT — эталонная система телефонной передачи для определения эквивалента затухания. До мая 1960 г. являлась «Европейской эталонной системой телефонной передачи». В мае 1960 г. решением 12 ИК МККТТ была заменена системой NOSFER [Л31 и Л32].

5. NOSFER — новая основная система для определения эквивалента затухания (получается путём несложной переделки ARAEN).

6. ARAEN — эталонная система (аппаратура) для определения эквивалента затухания по разборчивости — AEN, а также для измерения относительного эквивалента затухания. Имеет характеристику приёмо-передачи, близкую к характеристике в однометровом воздушном тракте.

7. МККТТ — Международный Консультативный Комитет по телефонии и телеграфии (взамен МККФ—международного консультативного комитета по телефонии и МККТ — международного консультативного комитета по телеграфии, объединённых в 1956 г. в МККТТ).

8. Псофометрическое напряжение — напряжение синусоидального тока при частоте 800 *гц*, которое нужно приложить к активному сопротивлению, чтобы вызвать такое же ощущение громкости звука, что при фактически имеющемся шуме. Измеряется с помощью псофометра — лампового вольтметра с квадратичным детектором, снабжённого соответствующим корректирующим контуром.

9. Защищённость тракта — превышение уровня приёма полезного сигнала над мешающим сигналом, вызванным электрическими шумами, например, переходными токами. Различают защищённость при внятном и невнятном переходных разговорах.

10. Национальная система — часть телефонного тракта от абонентского пункта (включая аппарат) до выхода международной станции.

11. Местная система — часть телефонного тракта от абонентского пункта (включая аппарат) до выхода РАТС.

12. Коэффициент передачи аппарата или микрофона (чувствительность) выражается в *мв/мкбар* (вместо *мкбар* пишут также *бар*) $1\ мкбар = 1\ \frac{дин}{см^2}$.

13. Коэффициент приёма аппарата или телефона выражается в *мкбар/в* (или *бар/в*); иногда выражают в $мкбар/\sqrt{m\omega}$, где $\sqrt{m\omega}$ соответствует напряжению при мощности 1 *мвт*, равной подведённой к телефону на частоте 800 *гц* в схеме, где полное сопротивление телефона равно внутреннему сопротивлению генератора на указанной частоте.

14. Коэффициент местного эффекта выражается как отношение звукового давления P_T, развиваемого телефоном, к звуковому давлению перед микрофоном этого же аппарата P_1, т. е. $\frac{P_T,\ мкбар}{P_1,\ мкбар}$, или $\frac{P_T\ бар}{P_1\ бар}$.

15. Общий коэффициент передачи в тракте выражается как отношение звукового давления P_T, развиваемого телефоном приёмного аппарата, к звуковому давлению перед микрофоном передающего аппарата P_1, т. е. $\frac{P_T,\ мкбар}{P_1,\ мкбар}$, или $\frac{P_T,\ бар}{P_1,\ бар}$.

16. Кумулятивная кривая, или кривая сумм, представляет собой одно из возможных графических изображений количественного распределения значений некоторых признаков.

При этом на оси абсцисс откладывается признак, например *И*, а на оси ординат — сумма количеств (%) такого признака от 0 до данной точки.

Пример. Установлено, что каждому из интервалов $U_{псоф}$ соответствует n % случаев. Построить кумулятивную кривую $n_\Sigma = \varphi(U)$.

Задано:

$U_{псоф}$	0—1	1,1—2	2,1—3	3,1—4	4,1—5
n%	10	20	20	30	20

кумулятивное распределение:

$U_{псоф}$	0—1	0—2	0—3	0—4	0—5
n_Σ %	10	30	50	80	100

Отметив на оси абсцисс $U_{псоф} = 1, 2, 3, ..., 5$ *мв*, строим ординаты $n_\Sigma = \varphi\ (U_{псоф})$. Огибающая этих ординат и есть кумулятивная кривая распределения $U_{псоф}$.

17. Варистор — нелинейное сопротивление, симметричное для обеих полуволн синусоидального напряжения переменного тока.

18. Фриттер — ограничитель напряжения, включаемый параллельно телефону для снижения избыточной громкости и защиты уха от щелчков и акустических ударов, обычно состоит из двух полупроводниковых диодов или из одного варистора.

19. Микрофон в режиме микротоков — имеется в виду работа угольного микрофона при питании его очень малыми токами, от нескольких микроампер, до долей миллиампера. Эта область питания микрофона впервые исследована и практически использована в Советском Союзе.

20. Метод мнений — способ определения качества тракта с помощью бригады из 24 операторов, неспециалистов в области связи, рекомендованный МККТТ. Оценка качества производится субъективно, по пятибалльной шкале. Среднее значение оценки выражают в функции изменяемого параметра тракта, например затухания, уровня шума и т. д.

21. Уровень *дбм* — уровень, выраженный по отношению к мощности 1 *мвт*,

$$N = 10 \lg \frac{Q,\ мвт}{1\ мвт} \ (дбм).$$

22. Комплект терциальных фильтров представляет собой две группы фильтров, полосы пропускания которых сдвинуты на одну шестую октавы относительно друг друга.

23. СТС — сельская телефонная связь.

24. ВРС — внутрирайонная связь (то же, что СТС).

25. Спектральный уровень шума — уровень, вызываемый действием частотной полоски шириной 1 *гц*. Соответственно спектральная мощность — это мощность, приходящаяся на полоску 1 *гц*. Выражается в *дб/гц* или *вт/гц*.

26. Интегральный (или суммарный) уровень шума — уровень, ощущаемый от действия всей частотной полосы. Аналогично—интегральная (или суммарная) мощность — мощность, приходящаяся на всю полосу частот, выражается в *дб* или *вт*.

27. Результирующий спектральный уровень шума — это уровень, который получается при одновременном действии на слух ряда отдельных составляющих шума в частотной полоске шириной 1 *гц*.

Он вычисляется путём логарифмического суммирования спектральных уровней или сложения спектральных мощностей с последующим пересчётом в спектральный уровень относительно мощности 10^{-16} *вт/см*^{2}.

28. Логарифмическое суммирование уровней обозначается знаком (+). Например: $B_e = B_1(+)\ B_2(+)\ B_3$ и т. д.

Глава 1

ТЕЛЕФОННЫЙ ТРАКТ И ЕГО ОЦЕНКА

1.1. Телефонный тракт

Под телефонным трактом понимается комплекс электроакустических и электрических устройств, участвующих в преобразованиях речи и передачи её от рта говорящего человека к уху слушающего.

Телефонный тракт ГТС или ВРС занимает полосу частот от 0 до 3400 *гц*, которая используется для передачи речи в полосе частот 300 ÷ 3400 *гц*, и контрольно-вызывных сигналов в полосе частот 0 ÷ 300 *гц*. Часть контрольно-вызывных сигналов передаётся в полосе частот до 450 *гц*.

Телефонный тракт междугородной телефонной связи занимает полосу частот 300 ÷ 3400 *гц* и используется как для передачи речи, так и для передачи контрольно-вызывных сигналов.

Независимо от телефонной системы ЦБ (АТС, РТС) или МБ передача речи всегда производится от одного телефонного аппарата к другому через весь тракт. Разговор абонента с телефонисткой протекает через аналогичный, но более короткий тракт.

Контрольно-вызывные сигналы при связи в простейшей системе МБ передаются от аппарата к аппарату, от аппарата на станцию и наоборот.

В системах ЦБ (РТС, АТС) контрольно-вызывные сигналы передаются только от станции к аппарату, а сигналы управления — от аппарата к станции.

Через телефонный тракт АТС передаются сигналы: вызова *(а)*; готовности к набору номера *(б)*; контроля посылки вызова *(в)*; сообщения о занятости приборов станции или абонента *(г)*, напоминания абоненту, забывшему дать отбой, о необходимости сделать это *(д)*. Возможна также передача других сигналов, например сигналов управления, необходимых при автоматической междугородной связи. Поэтому, наряду с электроакустическими и электрическими характеристиками тракта, важными для передачи речи, представляют также значительный интерес данные о контрольно-вызывных сигналах и сигналах управления. Эти сигналы передаются в настоящее время на различных частотах и главным образом в диапазоне от 0 до 450 *гц*.

Телефонный тракт ГТС, ВРС и МТС состоит из двух телефонных аппаратов, двух абонентских линий, одной или нескольких АТС или РТС, соединительных линий между ними.

Телефонные тракты ГТС и ВРС отличаются главным образом по числу ступеней установления соединения. Тракты ВРС часто

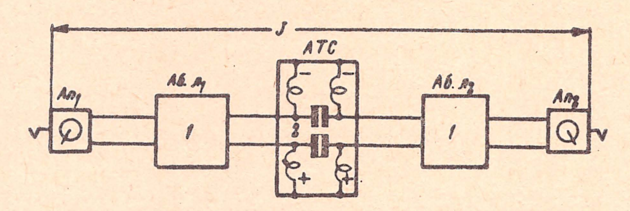


Рис. 1.1. Тракт нерайонированной сети ГТС:
1 — абонентская линия (главным образом кабель, d=0,5 *мм*, l= 3,5 *км*); 2 — питающий мост АТС

бывают значительно более многоступенчатыми, чем тракты ГТС.

Телефонные тракты ГТС, МТС, ВРС или СТС состоят из следующих основных элементов:

1) Нерайонированная сеть ГТС (рис. 1.1): одна АТС (РТС), две абонентские линии и аппараты; иногда в этот тракт ещё входят одна или две учрежденческие АТС (РТС) и домовые АТС.

2) Районированная сеть ГТС (рис. 1.2):
две АТС, две абонентские линии, соединительная линия между АТС и аппараты; в тракт могут также входить учрежденческие и домовые АТС (РТС); кроме районных АТС, могут быть также узлы входящего и исходящего сообщения.

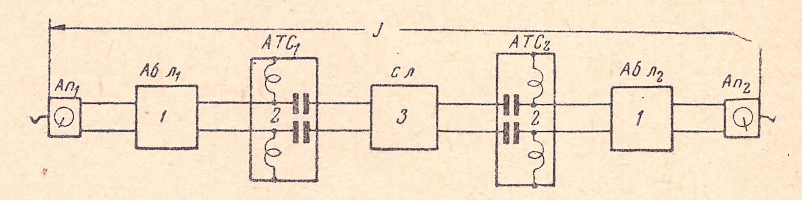


Рис. 1.2. Тракт районированной сети ГТС:
1 — абонентская линия (главным образом кабель, d = 0,5 *мм*, l = 3,5 *км*); 2 — питающий комплект АТС; 3 — соединительная линия (главным образом кабель, d = 0,5÷ 0,7 *мм*)

3) Международная сеть (рис. 1.3):
две оконечные АТС (РТС), две ЦМТС (ЦТС), две международные (или междугородные) ТС (МТС), две абонентские линии, две соединительные линии между ЦМТС и АТС, две соединительные линии между ЦМТС и МТС, междугородная (международная) линия.

4) Сельская телефонная сеть (СТС или ВРС):

разговорные тракты сельской телефонной связи аналогичны ГТС, но разнообразнее последних, поэтому проводим только классификацию их:

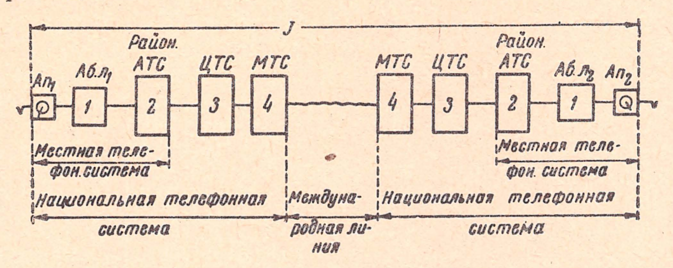


Рис. 1.3. Тракт междугородной телефонной связи:

1 — абонентская линия; *2* — питающий мост АТС; *3* — центральная телефонная станция (междугородная); *4* — международная телефонная станция

а) связь внутрипроизводственная (рис. 1.4 и 1.5);

б) связь по одноступенчатой системе (рис. 1.5);

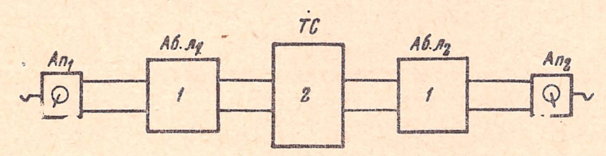


Рис. 1.4. Тракт внутрипроизводственной сельской связи ВРС (СТС):

1 — абонентская линия (обычно воздушная стальная, $d = 3$ *мм* или однопарного кабеля ПРВПМ — $d = 1 \div 1{,}2$ *мм*); *2* — телефонная станция (коммутатор 40 №№ или релейная АТС на 20, 40 №№)

в) связь по двухступенчатой системе (рис. 1.6);

г) связь по трёхступенчатой системе (рис. 1.7).

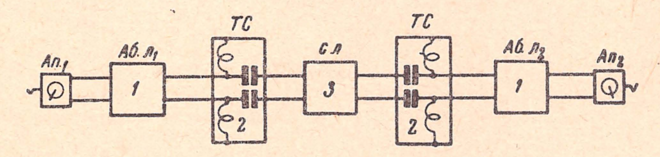


Рис. 1.5. Тракт внутрирайонной (сельской) связи по одноступенчатой системе:

1 — абонентская линия; *2* — питающий комплект телефонной станции (коммутатор $20 \div 100$ №№ или АТС $20 \div 100$ №№); *3* — соединительная линия (обычно воздушная стальная линия, $d = 3$ *мм*)

Наибольшее распространение имеют системы связи, перечисленные в пп. а, б, в. Связь по трёхступенчатой системе *(г)* применяется редко. Для сокращения наименований будем в даль-

нейшем, где это удобно, обозначать сельскую телефонную связь через СТС.

Телефонные тракты сельской связи отличаются лишь числом элементов, поэтому их можно свести к двум наиболее простым видам трактов, соответствующих трактам ГТС, показанным на

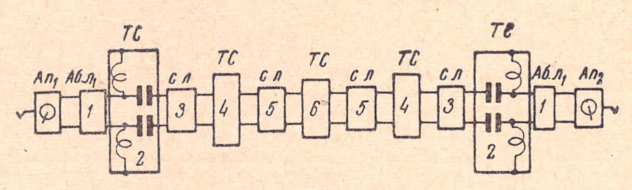


Рис. 1.6. Тракт внутрирайонной (сельской) связи по двухступенчатой системе:

1 — абонентская линия; *2* — питающий комплект оконечной станции (РТС или АТС); *3* — соединительная линия; *4* — телефонная станция — узловая (РТС, АТС); *5* — соединительная линия; *6* — телефонная станция — центральная (РТС, АТС)

рис. 1.1 и 1.2. Однако затухание таких трактов будет определяться всеми элементами, входящими в эти тракты. Необходимо отметить, что в случае системы ЦБ (РТС или АТС) питание телефонного аппарата производится через обмотки питающих дросселей, входящих в состав питающего моста. В системе МБ питание микрофона аппарата производится от источников питания, находящихся в телефонном аппарате или вблизи него.

Схемы различных питающих мостов станций системы ЦБ показаны в соответствующем разделе.

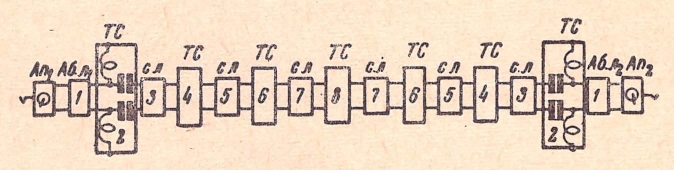


Рис. 1.7. Тракт внутрирайонной (сельской) связи по трёхступенчатой системе:

1 — абонентская линия; *2* — питающий комплект оконечной станции; *3* — соединительная линия; *4* — телефонная станция — промежуточная; *5* — соединительная линия; *6* — телефонная станция — узловая; *7* — соединительная линия; *8* — телефонная станция — центральная

В разговорном тракте телефонной сети (ГТС, СТС), оборудованной станциями ЦБ (АТС, РТС), станционное затухание вносится главным образом следующими элементами:

— питающим мостом (*IГИ* и *ЛИ* в шаговой системе, *IГИ* и *АИ* в координатной системе, *ТИВ* и *ТЛС* в машинной системе),

— термическими катушками линейной защиты в кроссе;

— комплектами реле соединительных линий (РСЛ);

— электрической ёмкостью станционных кабелей (особенно на участках многократного параллельного соединения полей искателей на АТС с числом номеров свыше 1000);

— трансформаторами в схемах АТС с индуктивной передачей сигналов управления и взаимодействия (главным образом на СТС);

— электронными контактами в АТС электронных систем.

Нередко наблюдается резкое возрастание станционного затухания и шумов за счёт сильного увеличения сопротивления переходных контактов в щётках искателей (главным образом ДШС), а иногда также и реле. Этот недостаток не присущ всем системам АТС, он является следствием несовершенства конструкции контактов и их материалов. В системах АТС с декадно-шаговыми искателями шумы (трески, щелчки) возникают также вследствие изламывания жил гибких шнуров, соединяющих щётки с токораспределителем.

На АТС с координатными соединителями, имеющими нажимной серебряный контакт, станционные шумы и особенно щелчки и трески значительно слабее, чем на АТС ДШС.

Нужно также иметь в виду, что с развитием техники АТС возникает потребность в передаче через телефонную цепь сигналов управления. В первую очередь это относится к пока ещё неиспользовавнному участку частот 3,5—5,0 *кгц*.

Ранее имелась тенденция к расширению полосы частот для разговора. Однако развития она не получила, так как достигаемое при этом улучшение качества передачи было весьма невелико, а удорожание оборудования могло быть очень большим. Вместе с тем, использование участка частот 3,5—5,0 *кгц* для передачи управляющих сигналов оказалось настолько эффективным, что на некоторых телефонных сетях он уже занят для указанных целей. Поэтому желательно, чтобы верхняя граница полосы частот аппарата как передатчика и приёмника была ограничена. Раньше при разработках телефонных аппаратов этому вопросу внимания не уделяли, теперь же он приобретает существенное значение.

Для нормальной эксплуатации телефонной связи необходимо выполнение следующих основных требований, предъявляемых к телефонным трактам [1]):

1. Эквивалент затухания разговорного тракта на передачу и приём не должен превышать [Л1, Л2]:

а) 40 *дб* (4,6 *неп)* по громкости в сравнении с эталонной системой;

б) 49 *дб* (5,65 *неп*) по разборчивости (AEN) в сравнении с эталонной системой ARAEN; в приёмную часть этой системы вводится шум спектра Хота с псофометрической эдс, равной 2 *мв*.

---

[1]) Эти требования соответствуют рекомендациям МККТТ [Л1, Л2, Л6, Л9, Л30].

2. Защищённость разговорного тракта должна быть не менее 6 *неп* [1]) на участке МТС.

Норм защищённости для городских трактов пока не существует. Однако, по данным исследований НИИТС, при связи между городскими абонентами с максимальной длиной линий защищённость должна быть не ниже 4 *неп*.

3. Псофометрическое напряжение шумов на зажимах телефонного аппарата должно быть не свыше 1 *мв*.

4. Эквивалент затухания местного эффекта телефонного аппарата к речи или шуму помещения должен быть не менее 2 *неп* при затухании абонентской кабельной линии $\beta l = 0{,}5$ *неп* и нагрузке питающего комплекта АТС на 600 *ом*.

5. Эффективная полоса частот приёмо-передачи должна быть в пределах 300 ÷ 3400 *гц* (по крайней мере, к этому нужно стремиться).

6. Естественность воспроизведения речи в разговорных трактах должна быть достаточной для обеспечения узнаваемости голоса собеседника по телефону.

Необходимо иметь в виду, что каждый абонент ГТС и СТС может участвовать в международном телефонном разговоре, а его телефонный аппарат может входить в состав международного тракта.

Международный телефонный тракт образуется из двух национальных телефонных систем и международной линии (рис. 1.3).

В состав национальной системы каждой страны входят:

аппарат абонента;
абонентская линия;
питающий комплект РАТС;
ЦТС — центральная телефонная станция страны, соединяющаяся непосредственно с международной телефонной станцией;
МТС — международная телефонная станция.

Под ЦТС имеется в виду оконечная междугородная станция со всем комплексом линий и промежуточных междугородных станций, находящихся между РАТС и МТС (международной телефонной станцией).

В соответствии с рекомендациями МККТТ [Л9] эквивалент затухания (по громкости) национальной телефонной системы не должен превышать:

	передача	приём
а) для стран с протяжённостью линий до 1500 *км*	2,1 *неп* (18,2 дб)	1,5 *неп* (13 *дб*)
б) для стран с протяжённостью линий свыше 1500 *км*	2,15 *неп* (18,7 *дб*)	1,55 *неп* (13,5 *дб*)

[1]) 6 *неп* — норма МККТТ. См. справочник по электросвязи, т. 7. Связьиздат, 1957 г., стр. 97.

Эквивалент затухания по разборчивости AEN [Л9] национальной телефонной системы не должен превышать: на передачу —24 *дб* (2,77 *неп*) и на приём —18 *дб* (2,07 *неп*). Эти величины установлены при шуме в помещении приёма 60 *дб* спектра Хота для коммерческой системы и эдс электрического шума, равной 2 *псофмв* на входе приёмной системы ARAEN.

Часть тракта от абонентского пункта до РАТС, входящего в национальную систему, называется местной системой.

Местная система содержит:

— телефонный аппарат;

— типовую абонентскую линию;

— питающий комплект станции.

Данные местных систем некоторых стран по материалам МККТТ [Л9] приведены в табл. 1.1А.

Эквивалент затухания местной системы определяется главным образом добротностью телефонного аппарата.

Эквивалент затухания передачи зависит также от тока, протекающего через аппарат.

В табл. 1.1.Б приведены значения эквивалента затухания по громкости *J* и по разборчивости AEN местных систем некоторых стран [Л9]. Эквивалент AEN измерен при шуме в помещении приёма с уровнем 60 *дб* спектра Хота.

Если просуммировать эти эквиваленты с эквивалентами затуханий всех отдельных элементов от АТС до МТС, входящих в национальные системы, то в большинстве случаев заданная норма МККТТ на передачу (2,15 *неп*) и на приём (1,55 *неп*) не будет нарушена. В ряде случаев остаётся ещё значительный запас.

1.2. Оценка качества телефонного тракта

Телефонный тракт оценивается качеством передачи *(a)* и качеством соединения *(b)*.

Качество передачи определяется разборчивостью, громкостью и естественностью воспроизведения голоса.

Качество соединения субъективно оценивается абонентом по скорости установления соединения и надёжности его.

Объединение двух названных понятий *(a)* и *(b)* даёт в комплексе оценку «общего качества связи» [Л3].

Нас интересует оценка качества передачи, которая приобретает вид «общего качества связи» при условии достаточно высокого качества соединения. Качество передачи в этом случае называется «качеством передачи в условиях эксплуатации» [Л3].

Оценку качественных ухудшений в телефонном тракте от тех или иных факторов МККТТ рекомендует производить по методу мнений.

На характер ведения разговора влияют: местный эффект, который может быть неодинаковым в обоих направлениях; харак-

Таблица 1.1 А

Данные местных телефонных систем некоторых стран по материалам МККТТ, докум. № 41 и 45, 12ИК за 1959 г.

Страны	Тип аппарата	Тип микрофона	Тип телефона	Сопротивление абонентской линии, *ом*	βl_{1500} абонентской линии *дб*	Сопротивление питающего моста, *ом*	Напряжение батарей АТС, *в*	Входное сопротивление линии Z_{1500} *ом*
Австрия	W № 5760/1	7807/3 F/K (1956)	7808-M69-1001(1956)	500	5,83	500х2	60	$528\angle -45^{\circ}$
Бельгия	ATEAPhC 200	E18494A	E18495A	366	4,36	250х2	48	$568\angle -45^{\circ}$
Чили I	ITTset № 2849A	2040D	2684B	512	7,54	250х2	48	$467\angle -45^{\circ}$
Чили II	ITTset № 2849A	2040A	2684B	1360	10,2	250х2	48	$821\angle -45^{\circ}$
Дания	Модель F-52	F-52	F-52	368	3,4	250х2	48	$641\angle -45^{\circ}$
Франция	*U*-43	115-A	330.6	480	5,5	150х2	48	$564\angle -45^{\circ}$
Великобритания II	№ 13-2p-27	№ 13	№ 2p	660	6,7	200х2	50	$619\angle -45^{\circ}$
Италия (FACE)	4/1951	9038F-51/1V	92683E	480	5,5	250х2	48	$564\angle -45^{\circ}$
Италия (Siemens)	1524/19 42к2	mph-к2	tph-к2	450	4,7	500х2	60	$599\angle -45^{\circ}$
Япония II	04 Ft. ist 8/a	T-4 (55)	P-4 (55)	540	5,3	200х2	48	$618\angle -45^{\circ}$
Мексика II	Bob. Rck 10178	PLA-3/54	RL8-12/53	500	5,4	400х2	48	$573\angle -45^{\circ}$
Норвегия	Мод. 1946 г.	—	—	750	8,2	250х2	48	$615\angle -45^{\circ}$
Голландия II	S № 2849	2040 B	2684A	360	3,6	500х2	60	$621\angle -45^{\circ}$

Продолжение

Страны	Тип аппарата	Тип микрофона	Тип телефона	Сопротивление абонентской линии, *ом*	βl_{1500} абонентской линии *дб*	Сопротивление питающего моста, *ом*	Напряжение батарей АТС, *в*	Входное сопротивление линии Z_{1500} *ом*
Чехословакия I	06291/1	Tfmf 32A	Te-552	360	—	500x2	60	$921\angle -45°$
Чехословакия II	06291/1	Tfmf 32A	Te-552	840	5,6	500x2	60	$921\angle -45°$
СССР	Виктория	МК-14	ДЕМК-6	660	5,8	500x2	60	$859\angle -35°$
Португалия	—	—	—	717	—	200x2	50	—
ФРГ	Fg. Ms. Tif 242	Fg. mph 2a	Tg. tph 52a	509	5,7	500x2	60	$546\angle -43°$
Швеция II	BC 330 (в)	FL 5213	TL 5250/1	250	2,6	500x2	36	$583\angle -43°$
Швейцария	Мод. 1950 г.	AWBV 53/2	TK 396 *ом*/37	360	3,6	350x2	48	$621\angle -45°$

Таблица 1.1 Б

Эквивалент затухания по громкости и разборчивости (AEN) местных телефонных систем некоторых стран по данным измерений МККТТ, док. № 41 и 45, 12ИК, за 1959 г.

Страны	Эквивалент затухания по громкости, *дб*		Эквивалент затухания по разборчивости AEN, *дб*		Эквивалент затухания местного эффекта, *дб*		Относительный эквивалент с фильтром, *дб*	
	передача	приём	передача	приём	шум 60 *дб*	речь	с ограничительным кольцом эквивалента передачи	с ограничительным кольцом AEN
Австрия	12,1	7,1	13	11,4	—	—	—	—
Бельгия	11,6	5,6	13,6	13,5	18,6	—	13,4	16,8
Чили I	18,3	3,1	26,5	6,3	16,2	15,1	18,4	25,0
Чили II	15,3	4,7	21,1	7,2	—	—	17,2	25,6
Дания	7,9	2,9	14,7	3,4	—	—	8,7	13,8
Франция	10,3	2,1	11,7	12,8	8,4	10,4	10,6	13,8
Великобритания	12,1	1,55	18,5	6,2	16,3	—	12,7	18,9
Италия (FACE)	7,4	—0,66	12,2	13,9	11,6	—	9,9	15,1
Италия (Siemens)	7,5	0,32	8,1	5,6	17,7	—	7,3	10,0
Япония II	11	2,5	20,1	1,7	—	—	13,7	19,7
Мексика II	8,4	1,4	13,8	7,2	13,1	—	8,7	12,8
Норвегия	14,7	7,9	26,5	11,7	23,6	13,0	15,1	23,6
Голландия II	13,2	—0,4	19	—1,25	24,0	—	16,1	22,0
Португалия	13,2	1,8	21,3	6,6	20,9	—	—	—
ФРГ	12,5	—0,96	13,5	—0,8	14,5	—	12,9	13,9

Продолжение

Страны	Эквивалент затухания по громкости, *дб*		Эквивалент затухания по разборчивости AEN, *дб*		Эквивалент затухания местного эффекта, *дб*		Относительный эквивалент с фильтром, *дб*	
	передача	приём	передача	приём	шум 60 *дб*	речь	с ограничительным кольцом эквивалента передачи	с ограничительным кольцом AEN
Чехословакия I	6,6 и 2,6[1])	3,3	6,3 и 10,8[1])	9,6	12,8	—	—	—
Чехословакия II	11	6,15	13,1	9,0	11,8	—	12,3	14,1
СССР	15,35	2,7	19,0	—0,52	22	22	—	—
Швеция II	9,4	—7,1	5,1	2,6	11,2	—	9,8	10,7
Швейцария	3,63	2,5	2,8	3,2	17,3	—	4,2	6,1

[1]) После смены микрофонных капсюлей.

теристики цепи; шум помещения; шум линии; умение пользоваться аппаратурой.

Оценка качества передачи в условиях эксплуатации определяется следующими факторами:

— количеством повторений, когда абоненты просят друг друга повторить сказанное;

— неблагоприятными замечаниями абонентов, критикующих качество передачи;

— выходной мощностью аппарата, которая зависит от громкости разговора, близости абонента к микрофону, длины линии.

Наиболее полную характеристику качества даёт «количество повторений». Две системы могут считаться равноценными по качеству, если количество повторений R у них одинаково. В материалах МККФ (документ № 19, 1939—1940 гг.) указывается, что «количество повторений» характеризует степень недовольства абонента связью.

Количество повторений может быть получено в зависимости от изменения различных параметров и, в частности, от затухания цепи, ширины полосы пропускания, уровня речи, уровня шума, положения микрофона и т. д.

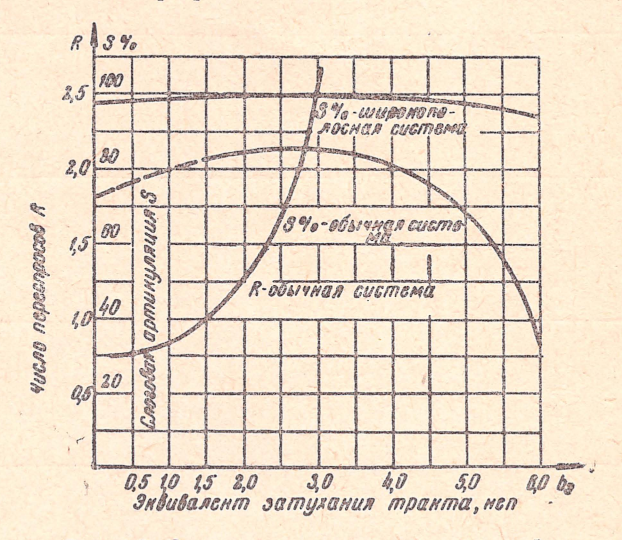


Рис. 1.8. Соотношения между артикуляцией и числом переспросов. Зависимость артикуляции и числа переспросов от эквивалента затухания тракта

Числом повторений или переспросов называется среднее число переспросов, приходящееся на время в 100 *сек*.

Оценка тракта по артикуляции не совпадает с оценкой по числу повторений. Это наглядно показано на рис. 1.8, где артику-

ляция $S\%$ широкополосной системы ощутимо снижается лишь после 6 *неп,* артикуляция обычной системы имеет максимальное значение при $B_э$ от 2 до 4 *неп,* а число повторений имеет минимум при $B_э$ от 0 до 0,5 *неп* и дальше резко возрастает [Л4].

Расхождения объясняются тем, что при росте затухания тракта уровень приёма снижается и для большого числа граждан старше 40 лет с возрастным понижением слуха, громкость передачи была недостаточной и не обеспечивала высоких значений качества [Л3].

Расширение полосы частот сверх нормальной существенно не снижает числа переспросов, следовательно, для повышения качества нужно снижать затухание тракта или применять более чувствительную телефонную аппаратуру.

Исследованиями [Л3 и Л4] установлено, что телефонная система считается удовлетворительной, если число переспросов находится в пределах от 1 до 3 за 100 *сек.*

Ввиду большой трудоёмкости испытаний на «число повторений» [1]) этот метод практически не применяется.

Колпитцем [Л5] была предложена эмпирическая формула для оценки качества передачи в зависимости от числа повторений:

$$N = 50 \lg \frac{R_1}{R_2}, \quad (1.1)$$

где N — качество передачи;

R_1 и R_2 — количество повторений в двух сравниваемых трактах.

Потеря слуха с увеличением возраста и связанное с этим и с другими важными факторами увеличения числа переспросов, несмотря на высокую артикуляцию, свидетельствуют о необходимости обеспечения некоторого избытка громкости против той, которая требуется для обеспечения хорошей разборчивости.

МККТТ рекомендует производить оценку качества передачи по эквиваленту затухания. Эквивалент затухания определяется как разность величин затуханий, введённых в эталонную и испытуемую системы, при которой достигается равная громкость.

Измерение эквивалента затухания до настоящего времени производится на основной европейской эталонной системе телефонной передачи SFERT и на аппаратуре ARAEN. В первом случае он называется «эквивалент затухания», а во втором случае— «относительный эквивалент затухания». Между ними имеется определённая связь.

Ввиду того, что система SFERT признана устаревшей, МККТТ принято решение считать главной эталонной системой телефонной передачи NOSFER, которая образуется из аппаратуры ARAEN путём некоторой переделки её. При этом оценки по SFERT остаются в силе [Л9].

---

[1]) Для одного цикла испытаний требуется 70—80 часов.

Всего предусмотрено три эталонные системы для измерения эквивалента затухания по громкости:

1) новая основная система для определения эквивалента затухания NOSFER;

2) первичные системы для определения эквивалента затухания;

3) эталонные рабочие системы.

Наряду с оценкой телефонных трактов при помощи эквивалента затухания по громкости (*J*)[1]) МККТТ рекомендует также производить оценку трактов с помощью эквивалента затухания по разборчивости (AEN).

Эквивалент затухания по разборчивости AEN измеряется на эталонной аппаратуре ARAEN. Под AEN понимается разность величин затухания, введённых в эталонную и испытуемую системы, при которой достигается равная артикуляция.

Эквивалент затухания линии по громкости *J* меньше затухания линии βl на частоте 800 *гц*. Это объясняется тем, что основная мощность речи соответствует участку частот 300÷600 *гц*, на которых затухание линии меньше, чем на частоте 800 *гц*. Зависимость *J* кабельной линии $d=0{,}5$ *мм* и стальной воздушной линии $d=3$ *мм* от βl показана на рис. 1.9.

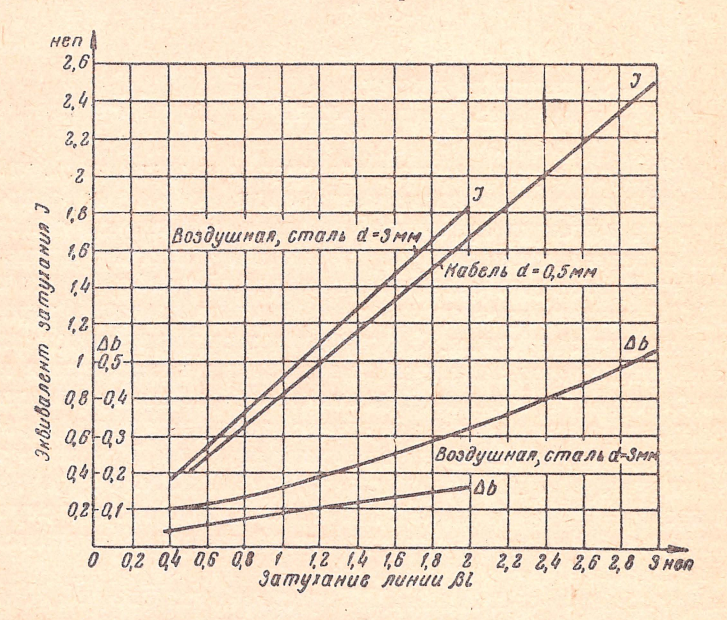


Рис. 1.9. Зависимость эквивалента затухания по громкости *J* от затухания линии βl_{800} :

1 — кабельная линия, $d=0{,}5$ *мм*; *2* — стальная воздушная линия, $d=3{,}0$ *мм*, $a=20$ *см*

---

[1]) Здесь и дальше вводим обозначение эквивалента затухания по громкости через *J*.

Эквивалент затухания линии по разборчивости больше затухания линии на частоте 800 *гц*. Это объясняется большим влиянием на разборчивость участка частот свыше 800 *гц*, на котором затухание линий выше, чем на частоте 800 *гц*. Величина AEN участка линии в тракте может быть вычислена по нижеследующей формуле:

$$i = \frac{b_{500} + b_{1000} + b_{2000} + b_{3000}}{4}, \qquad (1.2)$$

где b_{500}, b_{1000} и т. д. — соответственно затухание линии на частоте 500, 1000, 2000, 3000 *гц*.

Вычисленные по ф-ле (1.2) значения AEN некоторых типов линий приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

ЭКВИВАЛЕНТ ЗАТУХАНИЯ ПО РАЗБОРЧИВОСТИ AEN НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ЛИНИЙ

Линия	β_{800} *мнеп/км*	AEN *мнеп/км*
ПРВПМ $d = 0{,}8$ *мм*	143	184,0
ПРВПМ $d = 1{,}0$ *мм*	115	148,3
ПРВПМ $d = 1{,}2$ *мм*	96	119,0
Воздушная стальная линия:		
$d = 3$ *мм*	19,7	30
$d = 4$ *мм*	16,8	25,8
Городской кабель:		
$d = 0{,}5$ *мм*	155	211,3
$d = 0{,}6$ *мм*	115	158
$d = 0{,}7$ *мм*	100	135
$d = 0{,}9$ *мм*	70	96

Для удобства можно выразить величину AEN через её километрический эквивалент K по аналогии с километрическим затуханием β [Л9]

$$K = \frac{i}{l}, \qquad (1.3)$$

где i=AEN участка цепи (линии), определяемый экспериментально или путём расчёта;

l — длина линии, *км*.

В тех случаях, когда величина эквивалента затухания тракта по разборчивости определяется путём суммирования измеренных и вычисленных значений AEN, она называется номинальной AEN в отличие от величины AEN тракта, целиком измеренной.

Номинальное значение AEN национальной передающей или приёмной системы равно сумме следующих величин:

— номинальное $AEN_{мс}$ местной системы (средняя эксплуатационная величина);

— номинальное $AEN_{сл}$ участка связи между городской и международной станциями (средняя эксплуатационная величина), т. е.

$$AEN_{ном} = AEN_{мс} + AEN_{сл}. \quad (1.4)$$

Подробно субъективные методы оценки и телефонометрические системы описаны в соответствующей литературе (например, [Л1, Л2, Л9,15]).

Наряду с субъективными методами испытаний телефонного тракта широко применяются объективные методы. Над созданием методов определения разборчивости объективным путём ведутся работы [Л6]; окончательного решения пока нет.

К числу объективных оценок свойств тракта телефонной передачи и его элементов, которыми пользуются в настоящее время, относятся нижепоименованные частотные, амплитудные и нагрузочные характеристики.

Частотные характеристики

— чувствительности передатчика или коэффициента передачи, *мв/бар;*

— чувствительности приёмника или коэффициента приёма, *бар/мвт*, *бар/в*;

— чувствительности тракта в целом от рта говорящего до уха слушающего или общего коэффициента передачи, *бар/бар;*

— чувствительности к местному эффекту или коэффициента местного эффекта, *бар/бар;*

— чувствительности сигнально-вызывных приёмников по напряжению и мощности;

— затухания схемы телефонного аппарата на передачу, приём и местный эффект;

— затухания питающих мостов станции;

— затухания линии;

— станционных, линейных и акустических шумов (спектральные характеристики);

— защищённости тракта.

Амплитудные характеристики

— аппарата как передатчика;

— микрофона;

— аппарата как приёмника;

— телефона.

— аппарата как передатчика;
— микрофона;
— генераторных устройств аппаратов МБ, ЦБ-И.

Методика большинства перечисленных измерений достаточно подробно описана в ГОСТе 7153—54.

При определении электроакустических свойств разговорных трактов телефонной передачи применяются следующие субъективные методы оценки:

1) измерение или вычисление звуковой или слоговой разборчивости (артикуляции);
2) измерение эквивалента затухания по разборчивости;
3) измерение эквивалента затухания по громкости на одной из трёх эталонных систем, указанных выше;
4) оценка по методу мнений.

Измерение и вычисление артикуляции подробно описано в различных литературных источниках, например [Л7, Л8]. Описание оценки по методу мнений и измерения AEN приведено в [Л1, Л2].

Оценка естественности и узнаваемости применяется сравнительно недавно и главным образом в исследовательских целях. Описание некоторых методов приводится в [Л21, Л22].

При оценке качества приёма и передачи телефонного аппарата необходимо учитывать ток питания аппарата (микрофона) и входное сопротивление линии. Ток питания аппарата сильно влияет на величину его отдачи, а входное сопротивление линии — на местный эффект.

Поэтому телефонометрическое измерение эквивалентов затухания по громкости (J) и по разборчивости (AEN), как уже отмечалось выше, производится для местной системы, а не для отдельно взятого аппарата.

Эквивалент затухания отдельно взятого аппарата $J_{ап}$ или $AEN_{ап}$ без дополнительных измерений можно определить лишь приближённо, допуская, что затухание линии равно её эквиваленту затухания.

Тогда

$$J_{ап} = J - (\beta l + b_{ст}), \tag{1.5}$$

$$AEN_{ап} = AEN - (\beta l + b_{ст}), \tag{1.6}$$

где J и AEN — эквиваленты затухания по громкости и разборчивости местной системы;

$b_{ст}$ — затухание станции.

Ошибка при этом составляет около 0,1 *неп* для J и до 0,2 *неп* для AEN.

Более точно определить J_{an}, не прибегая к измерениям, можно с помощью зависимости $J_л = \varphi(\beta l)$, показанной на рис. 1.9.

В случае оценки J или AEN отдельного аппарата необходимо указывать, при каком токе питания производилось измерение. Для местной системы это не обязательно, поскольку в определение её обязательно входят такие данные, как:

— сопротивление питающего комплекта АТС;

— напряжение батареи АТС;

— сопротивление типовой абонентской линии постоянному току.

Поскольку на городских телефонных сетях Советского Союза наиболее распространена кабельная абонентская линия $d=0{,}5$ *мм,* её можно считать типовой при $\beta l_{800}=0{,}5$ *неп.* Питающий комплект автоматической телефонной станции декадно-шаговой системы типа АТС-47 также может считаться типовым. Сопротивление двух обмоток питающего реле *А* постоянному току составляет 1000 *ом.* Индуктивность обеих обмоток с учётом взаимоиндукции составляет 11,7 *гн.*

Для местных систем сельской телефонной связи (СТС) наиболее характерны абонентские линии:

а) стальная воздушная, $d=3$ *мм,* $\beta l_{800}=0{,}5$ *неп;*

б) однопарная кабельная типа ПРВПМ, $d=1{,}2$ *мм,* $\beta l_{800}=0{,}5$ *неп.*

Эти линии и питающие реле *А* АТС-47 могут как типовые входить в местные системы ГТС и СТС.

Глава 2

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ТЕЛЕФОННЫХ АППАРАТОВ

2.1. Общие сведения

Современный телефонный аппарат ЦБ АТС при средней громкости разговора развивает в нагрузке кабельной линии мощность, равную $0,3 \div 0,5$ *мвт*. Средней громкости соответствует звуковое давление у амбушюра $15 \div 20$ *бар*. Только лучшие образцы телефонных аппаратов развивают мощность около 1 *мвт* при токе питания $40 \div 45$ *ма*. При улучшении (выравнивании) частотной характеристики микрофона не всегда можно ожидать увеличения мощности на выходе аппарата, так как потери от срезания пиков часто превышают выигрыш от устранения завалов.

Одним из реальных способов увеличения мощности аппарата как передатчика является перераспределение потерь в схеме: уменьшение потерь на передачу и увеличение потерь на приём. Возросшие потери на приём могут быть скомпенсированы за счёт более чувствительного телефона. Как сообщают Спенсер и Вильсон [Л14], подобное решение было принято при разработке английского телефонного аппарата типа 706 (7А).

Если пока ещё нет способов эффективного повышения отдачи угольного микрофона, то в отношении телефона имеются значительные технические возможности. Остановимся кратко на этом вопросе. Л. А. Варшавский показал, что чувствительность идеального телефона составляет 783 *бар/в* ($Z=600$ *ом*). Обычный электромагнитный телефон с чувствительностью 100 *бар/в* ($Z=600$ *ом*) имеет кпд по отношению к идеальному $\eta=1,63\%$. Электромагнитный дифференциальный телефон с чувствительностью 450 *бар/в* ($Z=600$ *ом*) имеет $\eta=33\%$. Выигрыш за счёт применения такого телефона составляет 13 *дб*.

При экономичном планировании сети в подавляющем большинстве случаев ($95 \div 99\%$) затухание тракта ГТС не превысит 3,2 *неп* и чувствительности современных аппаратов окажется достаточно. Небольшому числу удалённых абонентов (от 1 до 5%) выгодно предоставлять аппараты с усилением приёма и передачи, осуществляемым полупроводниковыми усилителями (например, ЦБИ-58 для сельской связи), или заменять микрофон-

ный и телефонный капсюли более чувствительными[1]). Даже при наиболее неблагоприятных обстоятельствах вполне достаточно усиления на передачу и приём по $0{,}5 \div 0{,}7$ *неп.*

Существенным недостатком телефонной связи является сильная зависимость громкости приёма от затухания тракта.

Изменение громкости приёма в условиях ГТС находится в диапазоне $20 \div 25$ *дб* только за счёт различных затуханий абонентских и соединительных линий, входящих в разговорный тракт.

Уменьшение диапазона изменения громкости и одновременно повышение затухания местного эффекта в принципе возможно путём применения автоматического регулирования в функции уровня приёма.

Однако эта задача в настоящее время ещё не решена. В некоторых наиболее современных аппаратах осуществлено лишь частичное регулирование громкости и местного эффекта в функции длины абонентской линии (тока в шлейфе).

До последних лет при разработке телефонных аппаратов расчёт схемы вёлся только под наиболее распространённый в городах многопарный кабель.

С развитием сельской телефонной связи (СТС) задача сильно усложняется. Нужно обеспечить высокое затухание местного эффекта при трёх типах линий: воздушная (стальная), многопарный кабель, малопарный кабель.

Входное сопротивление этих линий изменяется в 7 раз против 1,5 раза на линиях ГТС. Это видно из следующих данных.

Входное сопротивление линии (при $\beta l > 1{,}5$ *неп*).

ГТС	СТС
от $600 \angle -44°$ до $890 \angle -44°$	от $240 \angle -38°$ до $1640 \angle -20°$
отношение модулей 1,5	отношение модулей 7
отношение углов 1	отношение углов 2

Одновременно с обеспечением высокого затухания местного эффекта для электрически длинных линий необходимо также получить достаточно большую величину этого затухания при непосредственном соединении аппаратов между собой ($l = 0—0—0$).

Разработка аппарата, удовлетворяющего всем этим требованиям, сопряжена с большими трудностями.

---

[1]) Капсюли — микрофонный и телефонный — должны на заводе рассортировываться по чувствительности на «нормальный» и «громкий». Разница между ними может составлять $0{,}3 \div 0{,}4$ *неп.* Нормальные капсюли устанавливаются в аппараты, громкие идут в запасные части.

Однако уже в настоящее время известен ряд способов, позволяющих в той или иной мере решать поставленную задачу. Некоторые из них могут быть использованы при очередных разработках телефонных аппаратов, например:

1) переключения в балансном контуре и трансформаторе;

2) частичная нейтрализация индуктивности телефона ёмкостью [Л11, Л23];

3) применение пьезотелефонов;

4) применение в балансном контуре нелинейных элементов, управляемых током линии [Л34];

5) применение управляемых усилителей на полупроводниках;

6) ручная регулировка балансного контура [Л12, Л14].

2.2. Телефонный аппарат ЦБ-АТС типа ТА-60

Телефонный аппарат ЦБ-АТС типа ТА-60 предназначен для работы на ГТС и ВРС и должен выпускаться вместо устаревшего аппарата БАГТА-ВЭФ.

Аппарат имеет ряд электроакустических и конструктивно-эксплуатационных преимуществ перед аппаратами более ранних выпусков. Эти преимущества состоят в следующем.

1. Микротелефонная трубка укорочена в сравнении с микротелефонной трубкой МТ-14 от аппарата серии ТАН и БАГТА, микрофон приближен ко рту. Благодаря этому удалось применить более гигиеничный гладкий амбушюр (без рупора) и даже несколько повысить отдачу.

2. Применён капсюльный телефон ТА-4 с равномерной частотной характеристикой. Средняя чувствительность его в полосе частот $300 \div 3000$ *гц* составляет 130 *бар/в* при полном сопротивлении $300 \angle 66°$ на частоте 1000 *гц*.

3. Применён улучшенный балансный контур, благодаря чему повышено затухание местного эффекта на длинных и средних линиях во всей полосе частот $300 \div 3400$ *гц*.

4. Регулировка звонка производится в рабочем положении аппарата.

5. Увеличен срок службы номеронабирателя и рычажного переключателя в сравнении со сроком службы тех же полуфабрикатов аппарата ТАН-5.

В аппарате ТА-60 применена компенсационная схема, показанная на рис. 2.1. Основные электроакустические данные этого аппарата приведены в табл. 2.1.

На рис. 2.2 и 2.3 приведены характеристики зависимости коэффициентов передачи и приёма от частоты. Неравномерность этих характеристик в полосе частот $300 \div 3400$ *гц* составляет:

по коэффициенту передачи — 23 *дб*,
по коэффициенту приёма — 14 *дб*.

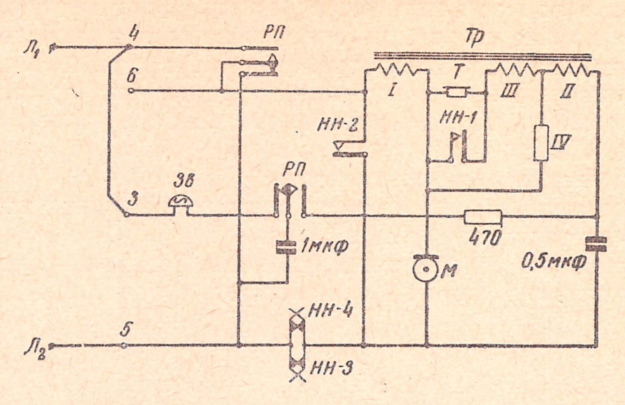


Рис. 2.1. Схема телефонного аппарата ТА-60

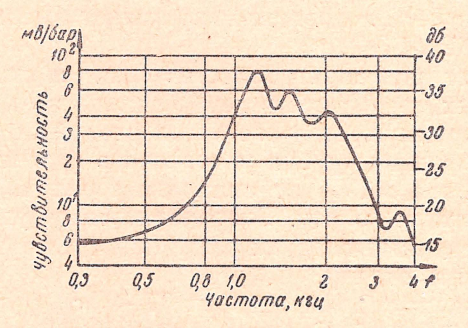


Рис. 2.2. Частотная характеристика коэффициента передачи телефонного аппарата ТА-60

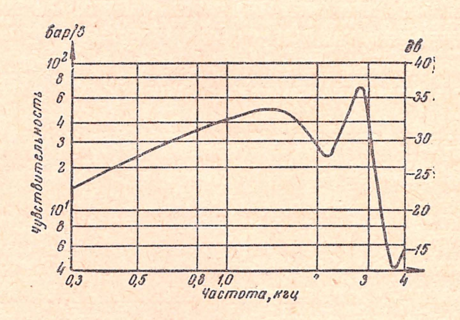


Рис. 2.3. Частотная характеристика коэффициента приёма телефонного аппарата ТА-60

Таблица 2.1

Основные электроакустические параметры телефонного аппарата типа ТА-60

№ пп.	Показатель	Единица измерения	Значение	Примечание
1	Входное сопротивление разговорной цепи на частоте 1000 *гц*	*ом*	500∠30°	При $I = 30$ *ма*
2	Модуль сопротивления вызывной цепи на частоте 25 *гц*	»	6500	—
3	Входное сопротивление постоянному току	»	100—300	В вертикальном положении микротелефона
4	Сопротивление телефона на частоте 1000 *гц*	»	270∠66°	В среднем
5	Динамическое сопротивление микрофона при токе 25 *ма*	»	100—200	—
6	Рабочее затухание аппарата на частоте 1000 *гц*:			
	а) передачи	*неп*	0,5	При $\beta l_{800} = 3{,}5$ *неп*
	б) приёма	»	0,15	
	в) местного эффекта	»	3,8	
	г) местного эффекта	»	1,3	При $\beta l_{800} = 0$ *неп*
7	Слоговая артикуляция при шуме в помещении приёма с уровнем 60 *дб*, спектр Хота при:			
	а) затухании тракта 1 *неп*	%	93	—
	б) затухании тракта 3,5 *неп*	»	75	—
8	Эквивалент затухания местной системы по разборчивости AEN при:			
	передаче	*неп*	1,54	Микрофон МК-10 (СО)
	приёме	»	0,4	—
9	Эквивалент затухания местной системы по громкости *J* при:			
	передаче	»	1,4	Микрофон МК-10 (СО)
	передаче	»	1,2	Микрофон МК-10 (ВО)
	приёме	»	0,42	Телефон ТА-4
	приёме	»	0,2	Телефон ДЭМК-6
10	Среднее значение коэффициента передачи в полосе частот:			
	300÷3400 *гц*	*мв/бар*	28	При нагрузке на электрически длинную линию
	900÷2800 *гц*	»	44	
11	Среднее значение коэффициента приёма в полосе частот:			
	300÷3400 *гц*	*бар/в*	32	При нагрузке на электрически длинную линию
	900÷2800 *гц*	»	45	

№ пп.	Показатель	Единица измерения	Значение	Примечание
12	Среднее значение общего коэффициента передачи в полосе частот:			
	300 ÷ 3400 *гц*	*бар/бар*	0,9	При $\beta l = 0$
	900 ÷ 2800 *гц*	»	2,9	
13	Средняя чувствительность телефона в полосе частот 300 ÷ ÷3500 *гц*	*бар/в*	130	—
14	Номинальная чувствительность звонка при частоте 25 *гц*	*мва*	75	—
15	Наибольшая чувствительность звонка при частоте:			
	25 *гц*	»	30	Эта чувствительность достигается при соответствующей регулировке
	40 *гц*	»	12	
	50 *гц*	»	20	
16	Уровень громкости звонкового сигнала при мощности 125 *мвт* на расстоянии 0,5 *м* от аппарата	*дб*	65	—
17	Уровень громкости звонкового сигнала на расстоянии 0,5 *м* от аппарата при включении в АТС	»	72	Через абонентскую кабельную линию $d = 0{,}5$ *мм*; $l = 3{,}5$ *км*; $R = 700$ *ом*
18	Импульсный коэффициент номеронабирателя	отвлеч.	1,4÷1,8	В среднем 1,6
19	Продолжительность набора «0»	*мсек*	900÷1100	В среднем 1000

Частотные характеристики рабочего затухания схемы аппарата на передачу, приём и местный эффект показаны на рис. 2.4.

На рис. 2.5 для сравнения приведена характеристика затухания местного эффекта аппарата ТА-60 [1]) по компенсационной схеме с трёхэлементным и двухэлементным балансным контуром, а также аппаратов по мостовой схеме с четырёхэлементным балансным контуром разработки МЭИС [Л11, Л23]. Преимущества четырёхэлементного и трёхэлементного балансного контуров очевидны. Выигрыш слоговой разборчивости для аппарата

[1]) Схема аппарата ТА-60 содержит трёхэлементный балансный контур. Однако в балансировке участвует также компенсационное сопротивление *IV*. Поэтому иногда упрощённо считают, что в подобных случаях, например, в аппарате ТА-60 балансный контур четырёхэлементный.

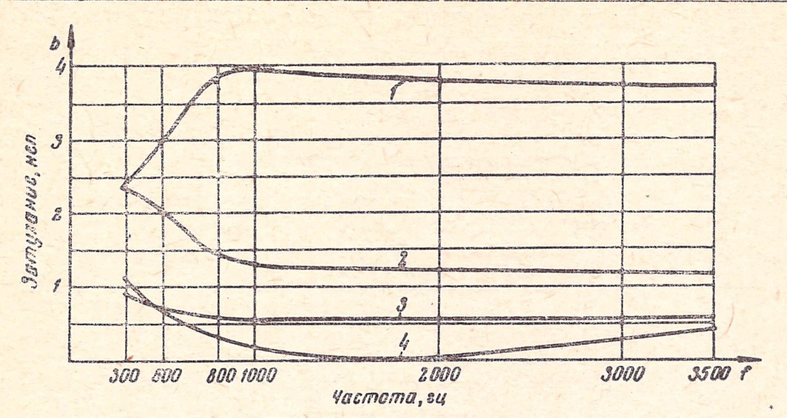


Рис. 2.4. Зависимость рабочего затухания передачи, приёма и местного эффекта телефонного аппарата ТА-60 от частоты:

1 — местный эффект — длинная линия; *2* — местный эффект — короткая линия; *3* — передача — длинная линия; *4* — приём — длинная линия

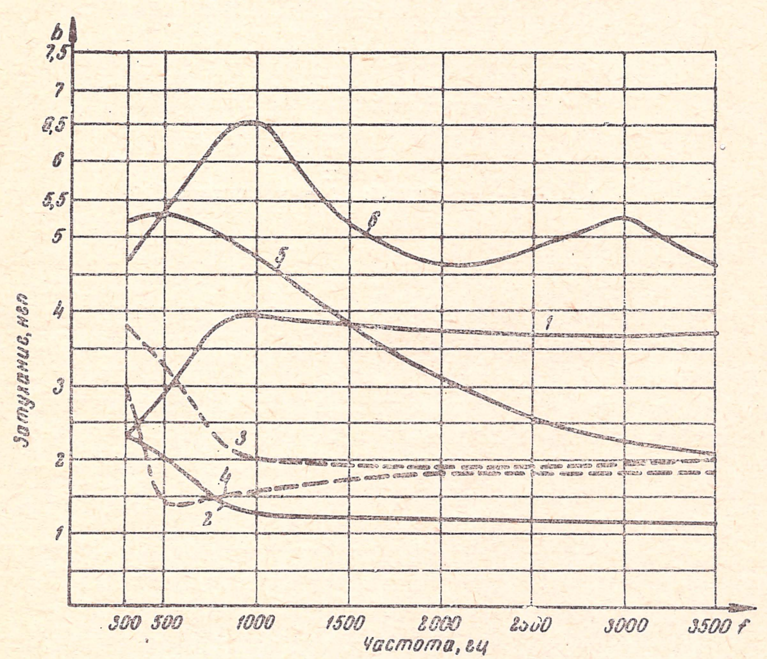


Рис. 2.5. Зависимость рабочего затухания местного эффекта телефонного аппарата ТА-60 с трёхэлементным и двухэлементным балансным контуром:

1 — трёхэлементный балансный контур аппарата ТА-60 — длинная линия; *2* — то же, короткая линия; *3* — двухэлементный балансный контур — длинная линия; *4* — то же, короткая линия; *5* — четырёхэлементный балансный контур, мостовая схема (макет—вариант 3, 1951 г.) — длинная линия; *6* — то же (макет 12, 1959 г.) — длинная линия

ТА-60 на линиях с максимальным затуханием (3,5 *неп)* при шуме в помещении приёма с уровнем 60 *дб* спектра Хота составляет 20%. Для мостового аппарата можно ожидать ещё большего выигрыша. Отсюда видно, какие имеются возможности по

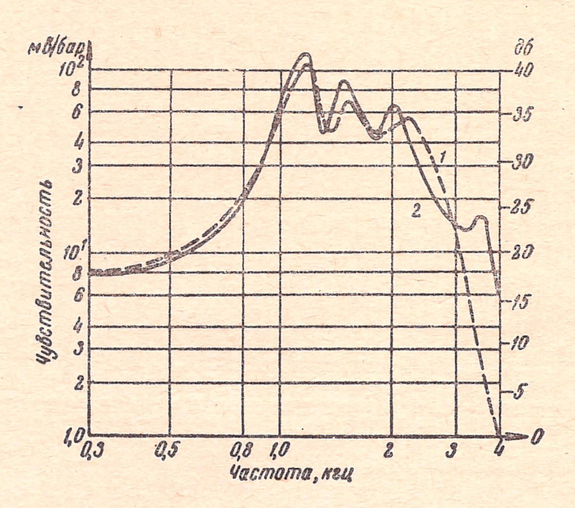


Рис. 2.6. Частотные характеристики коэффициентов передачи (чувствительности) микрофонов МК-10 в различных микротелефонах:
1 — от аппарата ТАН-5; *2* — от аппарата ТА-60

улучшению качества передачи при уменьшении местного эффекта в телефонном аппарате (см. рис. 2.5).

Частотные характеристики коэффициента передачи микрофонного капсюля МК-10 в микротелефоне от аппарата ТА-60 с гладким (плоским) рупором и в микротелефоне от аппарата ТАН-5 с выступающим рупором приведены на рис. 2.6. Из сравнения кривых видно, что разница между ними в полосе частот 300 ÷ 3400 *гц* несущественна.

Частотная характеристика коэффициента приёма капсюльного телефона ТА-4 в микротелефоне от аппарата ТА-60 приведена на рис. 2.7.

Внешний вид аппарата ТА-60 в закрытом и открытом состоянии показан на рис. 2.8, там же для сравнения показан микротелефон МТ-14 от аппарата серии ТАН. В аппарате использован трансформатор с несколько устаревшим сердечником.

Широкое распространение получили более экономичные в производстве и с более совершенным магнитопроводом трансформаторы с сердечником Ш-образной формы [Л35, Л11].

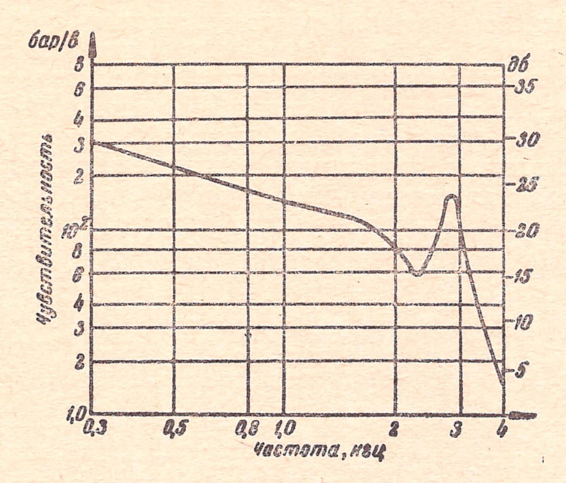
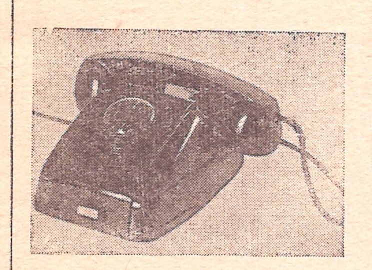


Рис. 2.7. Частотная характеристика коэффициента приёма (чувствительности) капсюльного телефона типа ТА-4 в микротелефоне от аппарата ТА-60



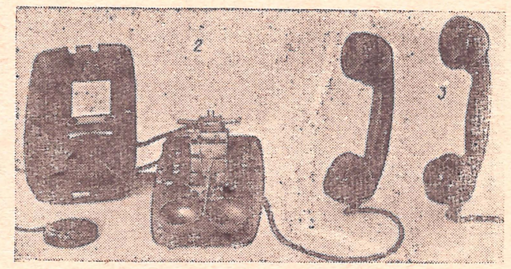


Рис. 2.8. Внешний вид аппарата ТА-60·

1 — в закрытом состоянии; *2* — в открытом состоянии; *3* — микротелефон МТ-14 от аппарата серии ТАН

2.3. Телефонные аппараты типов ТАН-5, ТАН-5-МП, ТАН-7, БАГТА-50

Аппараты типов ТАН-5-ПМ, ТАН-7 и БАГТА-50 имеют одинаковую разговорную схему, отличающуюся от схемы аппарата ТАН-5 возможностью параллельного соединения с другим таким же аппаратом. При таком соединении аппаратов подслушивание разговора исключено. В этих аппаратах также увеличено сопротивление II обмотки (балансной) автотрансформатора (до 380 *ом*) по сравнению с обмоткой автотрансформатора ТАН-5 и добавлено сопротивление (включённое параллельно микрофону или балансному конденсатору) для обеспечения удерживающей цепи в случае резкого возрастания сопротивления микрофона.

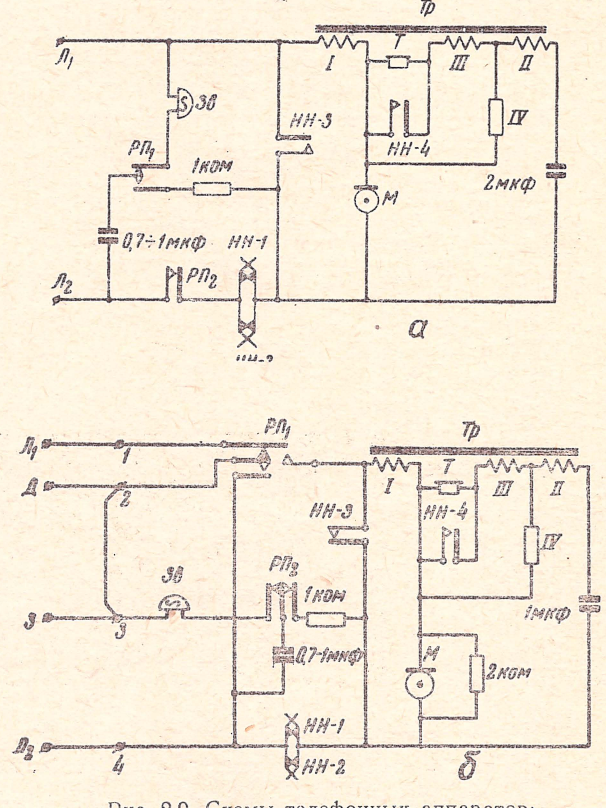


Рис. 2.9. Схемы телефонных аппаратов:
а — ТАН-5; *б* — ТАН-5-МП

Увеличение сопротивления II обмотки автотрансформатора было вызвано необходимостью повысить затухание местного эффекта $b_{мэ}$ на коротких линиях во избежание зуммирования.

Вследствие этого снизилось $b_{мэ}$ до 1,8 *неп* в случае длинных линий.

Основное отличие аппарата ТАН-7 от других аппаратов заключается в специальных коммутационных возможностях при параллельном соединении, которых мы здесь не касаемся. Ин-

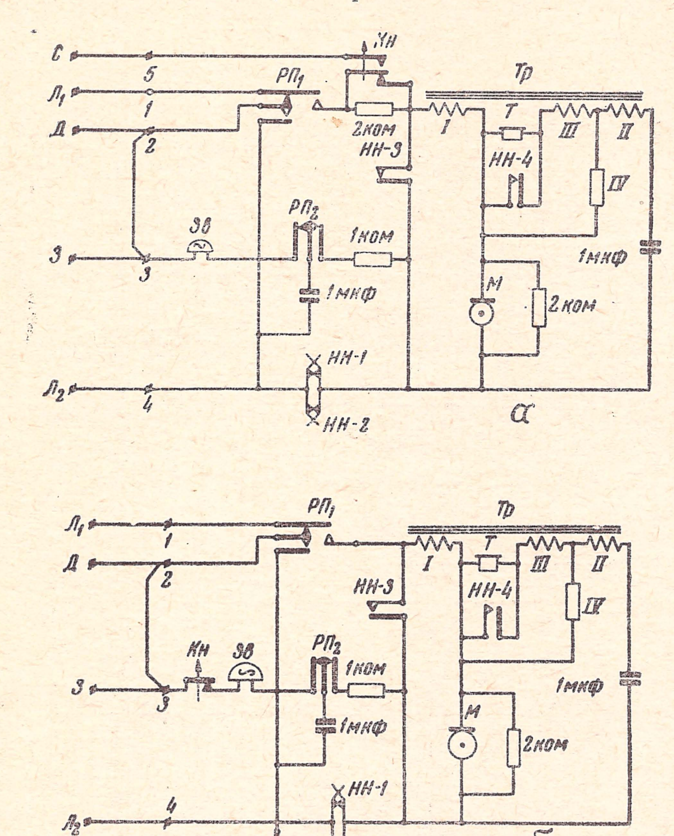
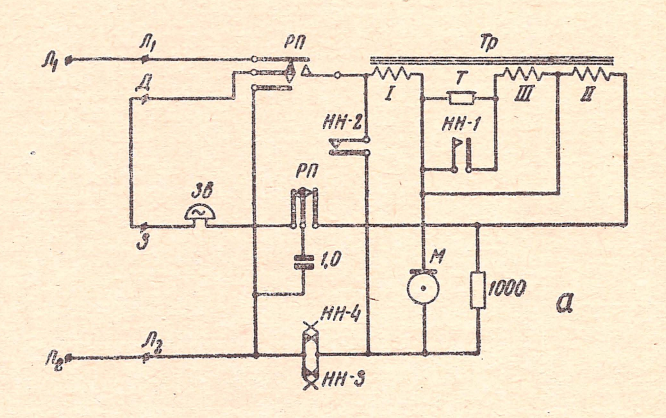


Рис. 2.10. Схемы телефонных аппаратов:
а — ТАН-7-0; *б* — ТАН-7-Д

тересующиеся могут подробно познакомиться с работой аппарата ТАН-7 по соответствующей литературе [Л10].

Схемы аппаратов показаны на рис. 2.9 ÷ 2.11. Основные электроакустические данные приведены в табл. 2.2. Частотные характеристики коэффициентов передачи и приёма показаны на рис. 2.12 и 2.13.

Частотные характеристики затухания схемы показаны на рис. 2.14—2.17.



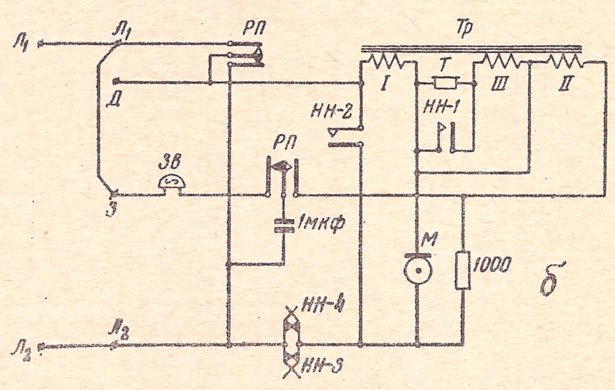


Рис. 2.11. Схемы телефонного аппарата БАГТА-50 (ВЭФ):
а — выпуска 1957 г.; *б* — выпуска 1959 г.

Таблица 2.2

Основные электроакустические параметры телефонных аппаратов типов ТАН-5, ТАН-5-МП, ТАН-7, БАГТА-50

№ пп.	Показатель	Единица измерения	Значение		Примечание
1	Входное сопротивление разговорной цепи на частоте 1000 *гц*	*ом*	800∠30°÷ ÷1200∠30°		При протекании через аппарат постоянного тока 30 *ма*
2	Модуль сопротивления вызывной цепи на частоте 25 *гц*	«	4700		—
3	Входное сопротивление постоянному току	«	до 300		Вертикальное положение микротелефона
			до 1000		Горизонтальное положение микротелефона
4	Сопротивление телефона на частоте 1000 *гц*	«	230∠60°÷ ÷350∠60°		В среднем 300∠60°
5	Динамическое сопротивление микрофона при токе 25 *ма*:				
	аппараты ТАН-5, ТАН-5-МП, ТАН-7	«	65÷150		Для АТС ДШС
		«	150÷300		Для АТС машинной системы
	Багта	«	150÷300		Для любых АТС
6	Рабочее затухание аппарата на частоте 1000 *гц*:		ТАН-5	Остальн.	
	а) передачи	*неп*	0,38	0,5	При $\beta l_{800} = 3{,}5$ *неп*
	б) приёма	«	0,1	0,1	
	в) местного эффекта	«	3,5	1,8	
	г) местного эффекта	«	1,1	1,6	При $\beta l = 0$ *неп*
7	Слоговая артикуляция при шуме в помещении приёма с уровнем 60 *дб*, спектр Хота:				
	а) затухание тракта 0 *неп*	%	90		—
	б) затухание тракта 3,5 *неп*	«	50		—
8	Эквивалент затухания местной системы по разборчивости AEN при:				
	передаче	*неп*	2,05		—
	приёме	«	1,15		—

№ пп	Показатель	Единица измерения	Значение	Примечание
9	Экви алент затухания местной системы (по громкости) *J*:			
	при передаче	*неп*	1,65	—
	приёме	«	0,85	—
10	Среднее значение коэффициента передачи:			
	в полосе частот 300—3000 *гц*	*мв/бар*	20—25	При нагрузке на электрически длинную линию
	в полосе частот 900—2500 *гц*	«	50—60	
11	Среднее значение коэффициента приёма:			
	в полосе частот 300—3000 *гц*	*бар/в*	55	—
	в полосе частот 900—2800 *гц*	«	60	—
12	Среднее значение общего коэффициента передачи:			
	в полосе частот 300÷3000 *гц*	*бар/бар*	0,057	При $b_{тр} = 3,3$ *неп*
	в полосе частот 300÷1100 *гц*	«	0,16	
13	Номинальная чувствительность звонка при частоте 25 *гц*	*мва*	75	
14	Наибольшая чувствительность звонка при частоте:			
	25 *гц*	«	30	
	40 *гц*	«	12	
	50 *гц*	«	20	
15	Уровень громкости звонкового сигнала на расстоянии 0,5 *м* от аппарата при мощности 125 *мвт*	*дб*	65	
16	Уро ень громкости звонкового сигнала на расстоянии 0,5 *м* от аппарата при включении в АТС ДШС	*дб*	72	Через кабельную линию $d = 0,5$ *мм* длиной до 3,5 *км*
17	Импульсный коэффициент номеронабирателя	отвлеч.	1,4÷1,8	В среднем 1,6
18	Время набора «0»	*мсек*	900÷1100	В среднем 1000

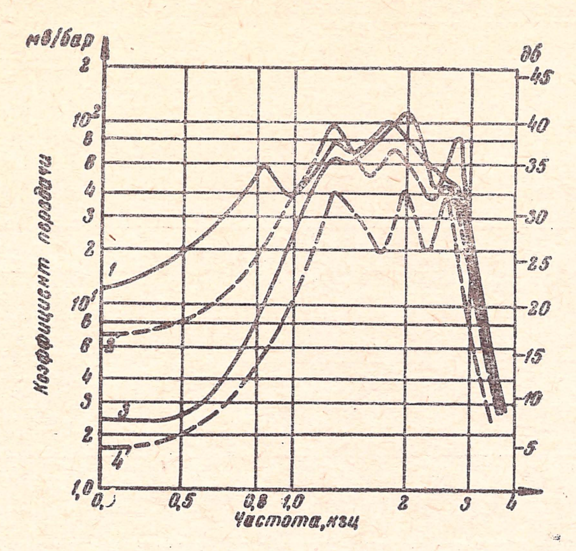


Рис. 2.12. Частотные характеристики коэффициента передачи (чувствительности) телефонных аппаратов ТАН-5 и БАГТА-50:
1—БАГТА-50, вып. 1957 г.; *2*—ТАН-5, вып. 1957 г.; *3* — БАГТА-50, вып. 1949 г.; *4* — ТАН-5, вып. 1949 г.

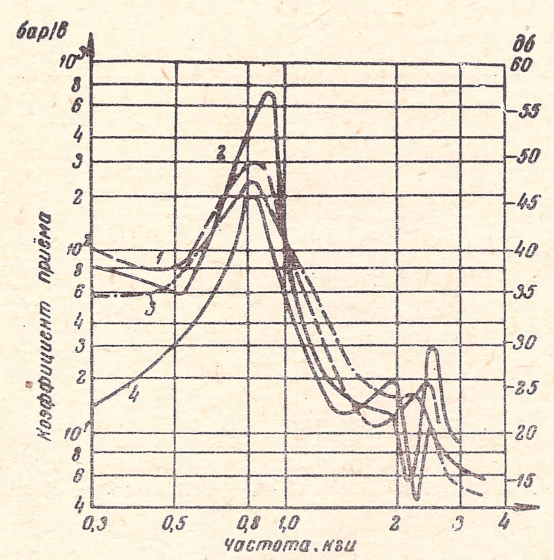


Рис. 2.13. Частотные характеристики коэффициента приёма (чувствительности) телефонных аппаратов ТАН-5 и БАГТА-50:
1 и *3* — ТАН-5 с капсюлем ТК-47; *2* и *4* — БАГТА-50 с разборным телефоном

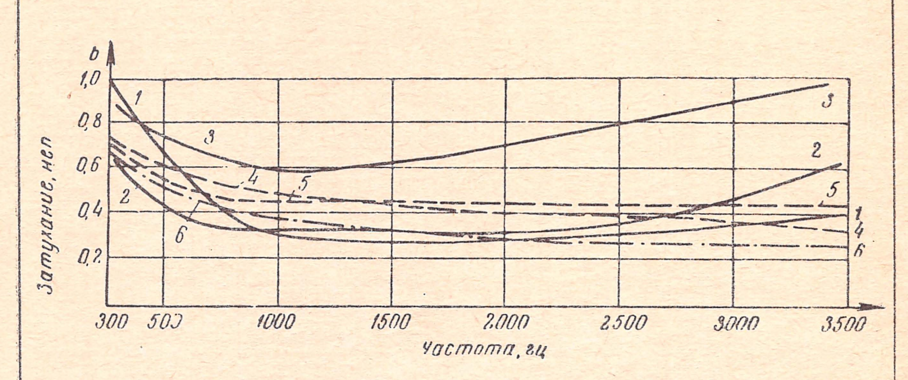


Рис. 2.14. Частотные характеристики рабочего затухания передачи различных телефонных аппаратов при электрически длинной линии:

1 — СВ-555; *2* — Белл-500; *3* — БАГТА-50; *4* — «Виктория»; *5* — ТА-60; *6* — ТАН-5

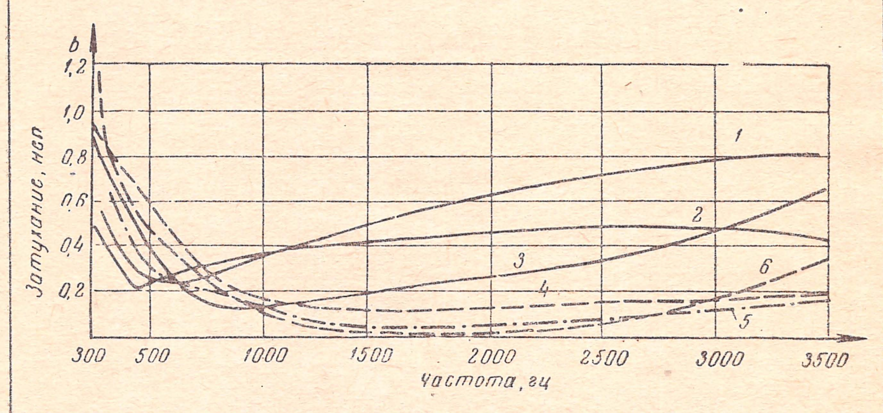


Рис. 2.15. Частотные характеристики рабочего затухания приёма различных телефонных аппаратов при электрически длинной линии:

1 — СВ-555; *2* — Белл-500; *3* — БАГТА-50; *4* — «Виктория»; *5* — ТА-60; *6* — ТАН-5

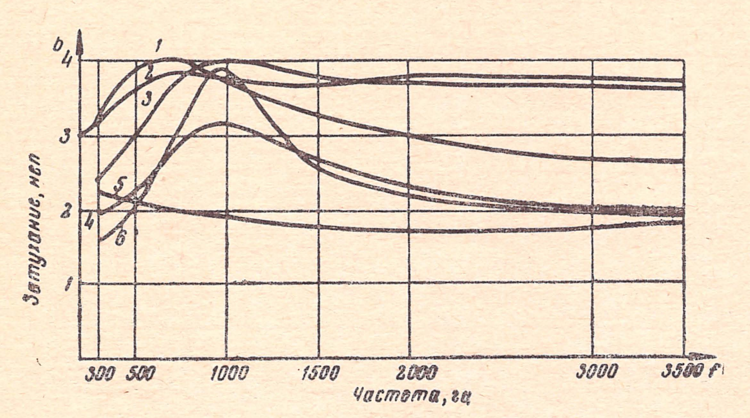


Рис. 2.16. Частотные характеристики рабочего затухания местного эффекта различных телефонных аппаратов при электрически длинной линии:

1 — Белл-500; *2* — «Виктория»; *3* — ТА-60; *4* — БАГТА-50; *5* — СВ-555; *6* — ТАН

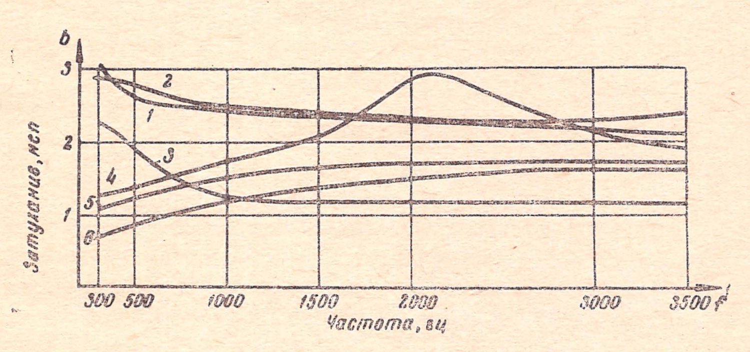
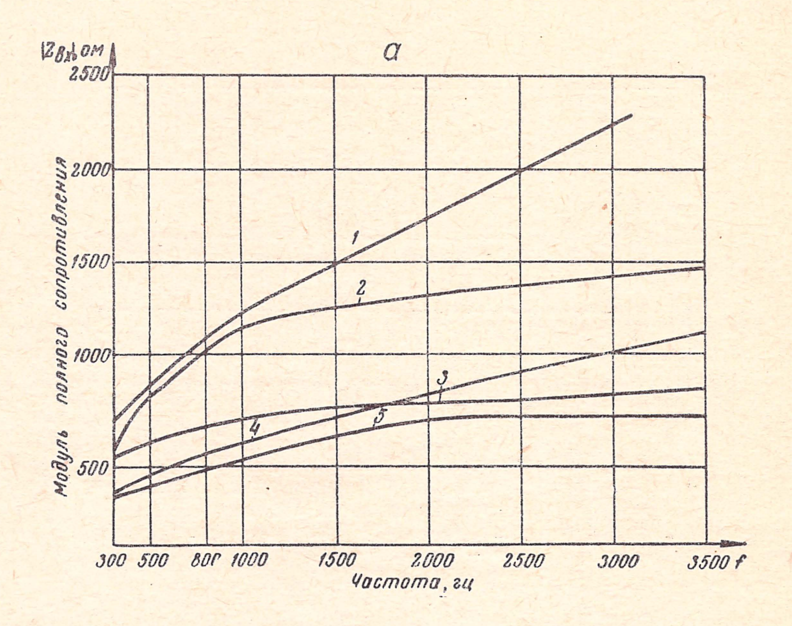


Рис. 2.17. Частотные характеристики рабочего затухания местного эффекта различных телефонных аппаратов при отсутствии линии (l=0—0—0):

1 — Белл-500; *2* — «Виктория»; *3* — ТА-60; *4* — БАГТА-50; *5* — СВ-555; *6* — ТАН-5



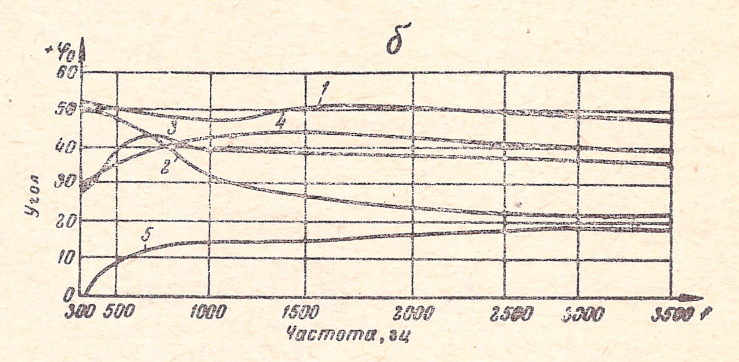


Рис. 2.18. Зависимость входного сопротивления различных телефонных аппаратов от частоты:

а — модуль; *б* — угол; *1* — БАГТА-50; *2* — СВ-555; *3* — Белл-500; *4* — ТА-60; *5* — «Виктория»

Частотные характеристики входного сопротивления аппаратов и модулей полного сопротивления телефонов показаны на рис. 2.18*а, б* и на рис. 2.19.

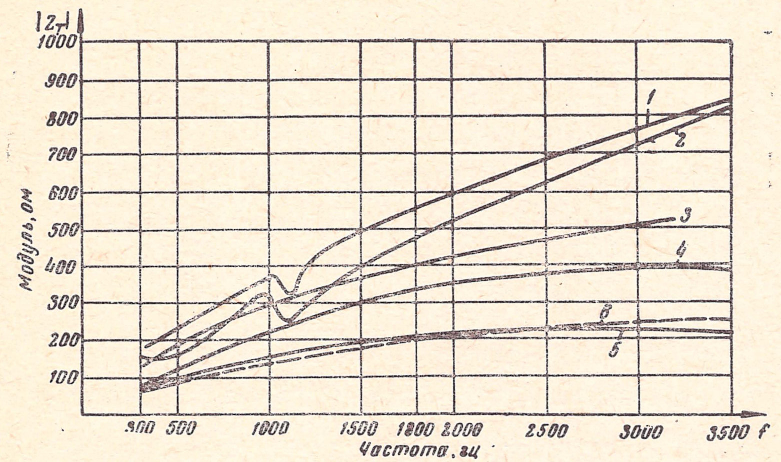


Рис. 2.19. Зависимость модуля сопротивления различных телефонов от частоты при нагрузке на искусственное ухо:

1 — СВ-555; *2* — ТК-47; *3* — ТА-4; *4* — ДЭМК-5; *5* — 4Т (ап. 700); *6* — Белл-500-D

Частотные и амплитудные характеристики микрофонов и телефонов приводятся ниже.

2.4. Телефонные аппараты ЦБ-АТС типов 700 и 706 (7А) (Англия, фирма АТЕ)

АППАРАТ ТИПА 700

Схема аппарата показана на рис. 2.20. Основные электроакустические данные приводятся в табл. 2.3.

Частотные характеристики коэффициентов приёма и передачи показаны на рис. 2.21 и 2.22; там же для сравнения приведены аналогичные характеристики аппаратов типа 332, Белл-500 (только на приём) и типа ТА-60 (только на передачу).

По равномерности частотной характеристики коэффициента приёма аппарат типа 700 (см. рис. 2.21) превосходит аппараты 332 и Белл-500 C/D, однако по средней чувствительности он им несколько уступает. На участках частот до 800 *гц* аппарат 700 превосходит аппараты 332 и Белл-500, на участке 800—2000 *гц* несколько уступает аппарату 332, на участке 1100—3500 *гц* уступает также аппарату Белл-500 и на участке 2000—3500 *гц* лучше аппарата 332.

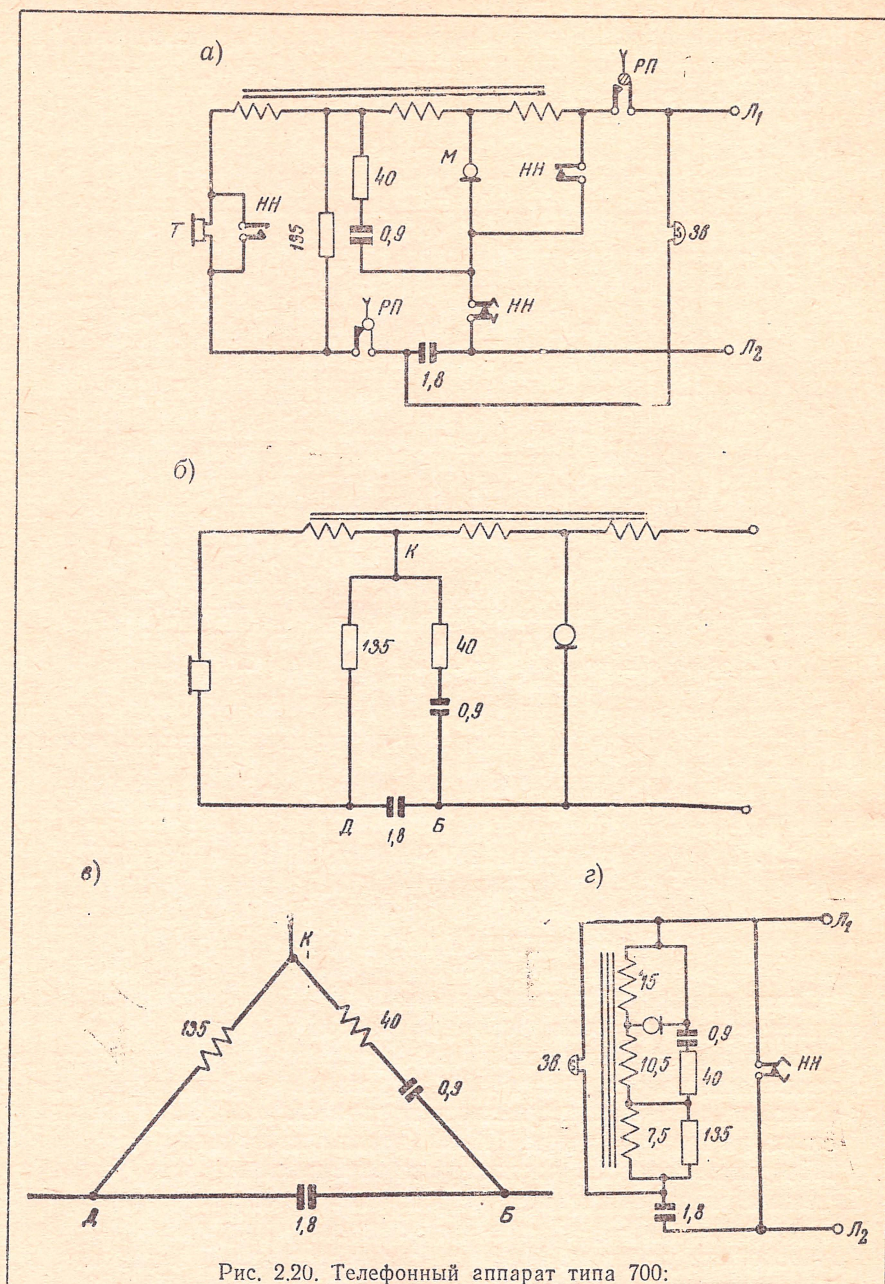


Рис. 2.20. Телефонный аппарат типа 700:

а — схема аппарата; *б* — эквивалентная схема передачи; *в* — балансно-компенсационный контур [Л36]; *г* — импульсная часть схемы

Таблица 2.3

Основные электроакустические параметры телефонного аппарата типа 700

№ пп.	Показатель	Единица измерения	Значение	Примечание
1	Модуль входного сопротивления аппарата на частоте 2000 *гц*	*ом*	600±50	При $I=30$ *ма*
2	Входное сопротивление аппарата постоянному току не свыше	»	300	—
3	Модуль сопротивления телефона на частоте 1000 *гц*	»	150	тип 4Т
4	Сопротивление линии для минимального местного эффекта:			
	а) на частоте 500 *гц*	»	$830\angle-46°30'$	—
	б) на частоте 800 *гц*	»	$790\angle-41°$	—
	в) на частоте 2000 *гц*	»	$600\angle-37°40'$	—
5	Среднее значение коэффициента передачи в полосе частот:			
	300—3400 *гц*	*мв/бар*	23	—
	900—2500 *гц*	»	38	—
6	Среднее значение коэффициента приёма в полосе частот:			
	300—3400 *гц*	*бар/в*	59	—
	900—2800 *гц*	»	61	—
7	Среднее значение чувствительности телефона	*бар/в*	237	Чувствительность приведена к $Z\|_{1000} = 300$ *ом*
8	Импульсный коэффициент номеронабирателя	отвлеч.	2	—
9	Продолжительность набора цифры «0»	*мсек*	900÷1100	—
10	Продолжительность замыкания	*мсек*	37	—

По коэффициенту передачи аппарат типа 700 лучше аппарата 332, но уступает аппарату ТА-60 как по величине средней чувствительности, так и по ширине полосы частот (см. рис. 2.22).

Микрофонный капсюль в обоих английских аппаратах одинаковый (типа 13).

Как отмечают авторы [Л12], создание чувствительного микрофонного капсюля с равномерной частотной характеристикой оказалось очень сложной задачей, которая при разработке аппарата типа 700 ещё не была решена. О разработке такого микрофона упоминается теми же авторами значительно позднее [Л14].

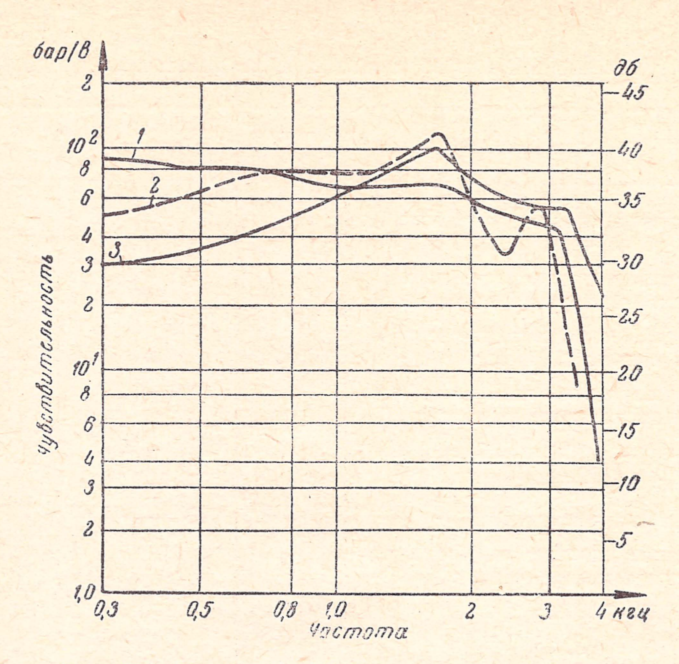


Рис. 2.21. Частотная характеристика коэффициента приёма (чувствительности) телефонных аппаратов:
1 — аппарат типа 700; *2* — аппарат типа 332; *3* — аппарат типа Белл-500-D

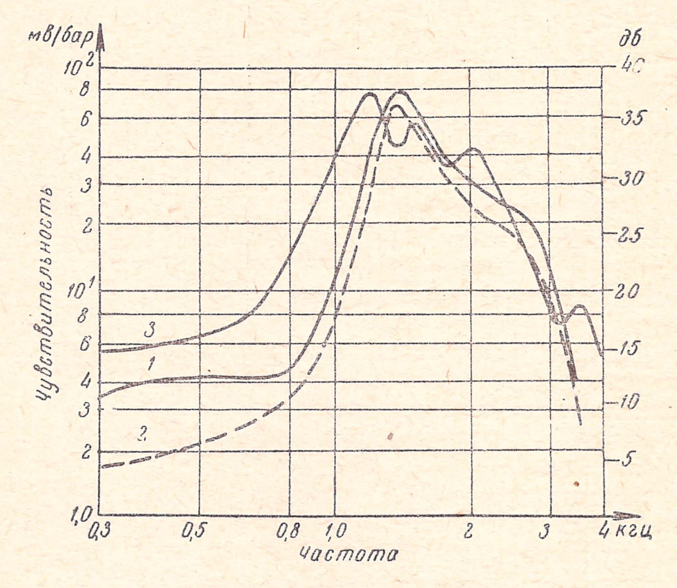


Рис. 2.22. Частотные характеристики коэффициента передачи (чувствительности) телефонных аппаратов:
1 — аппарат типа 700; *2* — аппарат типа 332; *3* — аппарат типа ТА-60

Частотные характеристики английских телефонов типа 4Т, 2Р и 1L приведены на рис. 2.23. Из этих характеристик видно, что капсюль 4Т превосходит во всех отношениях два других предшествовавших ему капсюля.

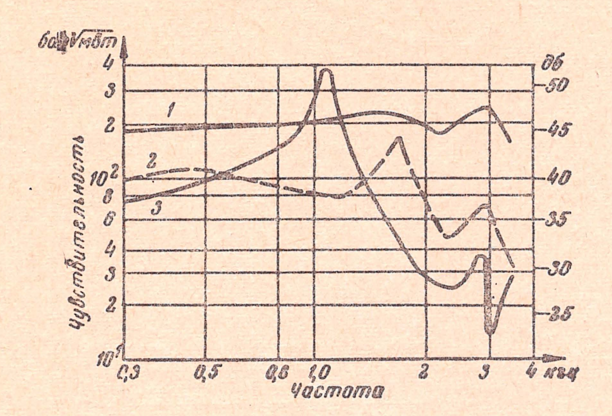


Рис. 2.23. Частотные характеристики чувствительности английских телефонов:

1 — типа 4Т от аппарата типа 700; *2* — типа 2Р от аппарата типа 322; *3* — типа 1 L

Капсюль 4Т по чувствительности, приведённой к $|Z|_{1000} = 300$ *ом*, превосходит также капсюли от аппаратов Белл-500 и «Виктория» в полосе частот $300 \div 1400$ *гц* и приблизительно равноценен им в области верхних частот (рис. 2.24).

Частотная характеристика капсюля 4Т в *бар/в* (рис. 2.24) получена путём пересчёта характеристики *бар*/$\sqrt{\text{мвт}}$ (рис. 2.23), измеренной при постоянной мощности от генератора, полное сопротивление которого согласовано по модулю с полным сопротивлением телефона на частоте 1 *кгц* [Л13].

Слышимость своего голоса в телефоне наглядно иллюстрируется уровнем напряжения на телефоне по отношению к эдс микрофона (рис. 2.25). Из рис. 2.25 видно, что в аппарате типа 700 свой голос слышен в телефоне слабее, чем в аппарате типа 332, на 5—7 *дб* во всей полосе частот.

Реконструкция схемы произведена главным образом с целью увеличения затухания местного эффекта.

Английское почтовое ведомство составило следующие требования к аппарату [Л12]:

1) затухание местного эффекта должно быть наибольшим при нагрузке на любую из имеющихся линий;

2) сопротивление аппарата постоянному току не должно превышать 300 *ом;*

3) модуль полного сопротивления телефонного аппарата на частоте 2000 *гц* должен быть равен 600±50 *ом*.

Английское почтовое ведомство также считает, что испытания качества телефонного тракта должны производиться при свободном разговоре, а не путём артикуляции.

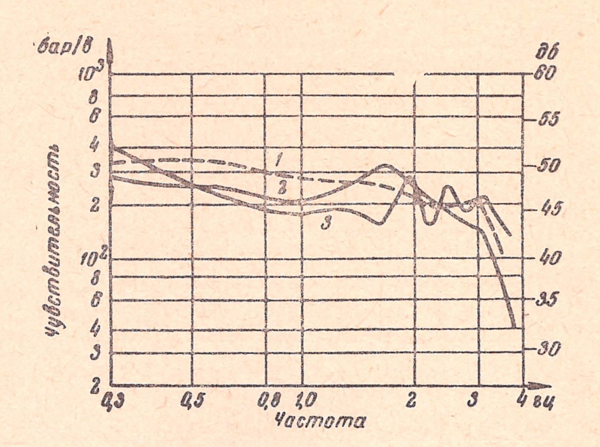


Рис. 2.24. Частотные характеристики чувствительности телефонов, приведённые к $Z_{1000}=300$ *ом*:

1 — тип 4Т от аппарата типа 700; *2* — от аппарата Белл-500; *3* — от аппарата «Виктория»

Схема аппарата типа 700 с трансформатором № 30 имеет кпд передачи на 3÷5 *дб* больший, чем схема аппарата 332, и на столько же меньший кпд приёма (рис. 2.26). Однако коэффициент приёма аппарата в целом снизился значительно меньше благодаря большей чувствительности телефона (см. рис. 2.21).

Выигрыш в дальности достигнут за счёт уменьшения местного эффекта с помощью более сложного балансно-компенсационного контура (см. рис. 2.20), а также за счёт уменьшения потерь (затухания) на передачу.

В аппарате типа 700 сохранён тот же звонок, что и в аппарате 332. Полное сопротивление вызывной цепи настолько высоко, что при параллельном включении в линию нескольких таких звонков вдоль её длины работа каждого из них не ухудшается.

Возросший уровень передачи может вызвать чрезмерную громкость на коротких линиях. Кроме того, при большом числе таких аппаратов могут возрасти помехи.

Из литературы [Л12] следует, что для устранения этих недостатков могут потребоваться следующие средства:

а) автоматическое регулирование параметров схемы с помощью нелинейных элементов;

б) ручное регулирование параметров схемы с помощью потенциометра;

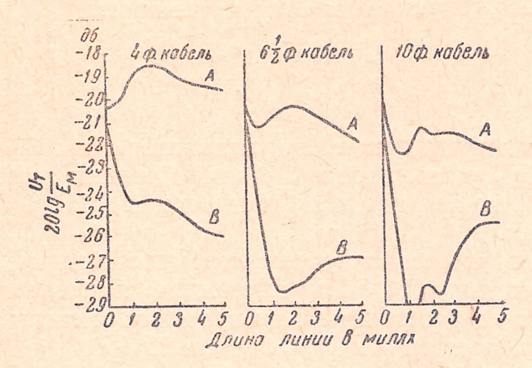


Рис. 2.25. Зависимость уровня местного эффекта в своём телефоне от длины линии:

А — аппарат типа 332; *В* — аппарат типа 700

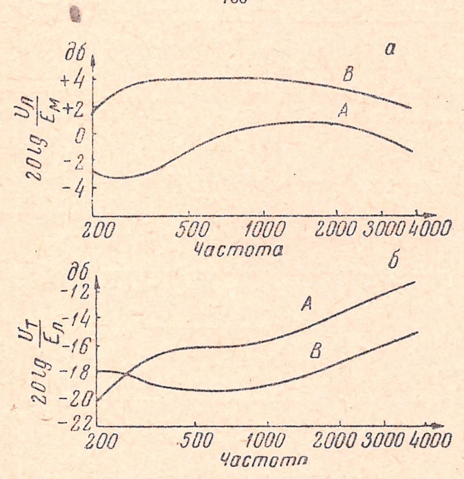


Рис. 2.26. Частотные характеристики передачи и приёма с разными трансформаторами:

а — передача; *б* — приём; *А* — трансформатор № 27; *В* — трансформатор № 30

в) переключение в микротелефоне;

г) классификация по чувствительности микрофонов и телефонов.

До введения регулировки аппараты типа 700 устанавливаются в первую очередь наиболее удалённым абонентам. На коротких линиях пока сохраняются старые аппараты.

АППАРАТ ТИПА 706 (7А)

Эксплуатационные испытания аппаратов типа 700 [Л14] показали, что 75% участников испытаний нашли уровень приёма слишком высоким при связи в районе одной АТС, а 50% — при внешних связях.

Установлено, что максимальная громкость звука в телефоне не должна превышать 31 *дб* по отношению к громкости в воздушном тракте на расстоянии 1 *м;* при этом отмечается, что желательно по возможности не превышать 25 *дб.*

В случае соединения двух аппаратов типа 700 через питающий мост, без линий ($l=0$, $I_м=95$ *ма*), уровень громкости приёма превышает максимально желаемую громкость на 10 *дб* (рис. 2.27); в этих же условиях громкость на аппаратах типа 300 превышает максимально желаемую на 2 *дб.*

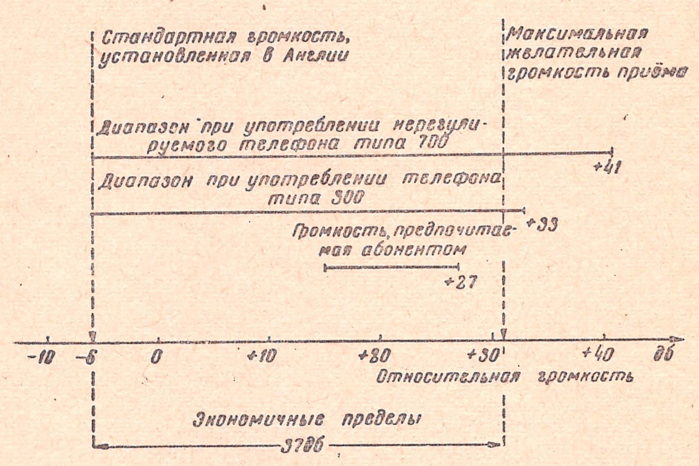


Рис. 2.27. Диапазоны громкости телефонного разговора

Минимально допустимая громкость приёма имеет уровень на 10 *дб* ниже метрового воздушного тракта.

Экономичные пределы громкости на телефонных сетях Англии составляют 37 ÷ 34 *дб* от границы минимально допустимой громкости.

При планировании местных линий минимальная чувствительность приёма в случае аппаратов типов 700 и 332 составляет не ниже 6 *дб* относительно однометрового воздушного тракта.

Запас относительно минимально допустимой громкости составляет 4 *дб*. На очень коротких абонентских линиях аппарат типа 700 обеспечивает громкость, превышающую максимально желательную на 10 *дб*.

Для уменьшения избыточной громкости в Англии разработан аппарат типа 706 (7А), отличающийся от аппарата типа 700 наличием элементов автоматического регулирования, которые по данным литературы [Л14] позволяют снизить уровень передачи на 6 *дб*, уровень приёма на 4 *дб* и уровень местного эффекта на 7 *дб* при короткой линии.

С увеличением длины абонентской линии степень регулирования уменьшается и при сопротивлении шлейфа (линия-аппарат) 1000 *ом* изменением за счёт регулирования можно пренебречь.

Схема телефонного аппарата типа 706 показана на рис. 2.28. Основная схема аппарата типа 700 была сохранена. Схема автоматического регулятора выделена на рис. 2.28 пунктирной линией.

Регулятор [Л14] представляет собой цепь с переменными потерями и с малым сопротивлением постоянному току, включённую последовательно с микрофоном и соединённую с двумя другими точками и в цепи передачи (P_1, P_2). Между обеими точками P_1 и P_2 образуются шунтирующие линии по переменному току, сопротивление которых зависит от величины тока в линии. В случае короткой линии, при сопротивлении аппарата постоянному току 120 *ом*, ток, протекающий через аппарат, равен 95 *ма*. В случае наиболее длинной линии через аппарат протекает ток 30 *ма*. При таком перепаде тока сопротивление нелинейных элементов в обеих цепях регулятора изменяется от сотни омов до нескольких килоомов и потому потери для длинных линий незначительны.

«Лампа-сопротивление» R_1 при токе 76 *ма* имеет сопротивление 36 *ом*, а при токе 30 *ма* — 10 *ом*. Она применяется вместо линейного сопротивления в цепи микрофона с целью уменьшения потерь передачи на длинных линиях. В качестве нелинейных сопротивлений в регуляторе использовано 16 обычных селеновых шайб диаметром 6,3 *мм*, смонтированных в нейлоновой трубке.

Характеристики передачи телефонных аппаратов типов 700 и 706 показаны на рис. 2.29, из которого видно, что при сопротивлении линии от 500 до 1000 *ом* аппараты без регулировки (тип 700) и аппараты с регулировкой (тип 706) имеют одинаковые уровни передачи и приёма.

При сопротивлении линии от 0 до 500 *ом* уровни передачи и приёма у аппаратов типа 706 проходят ниже, чем у аппаратов

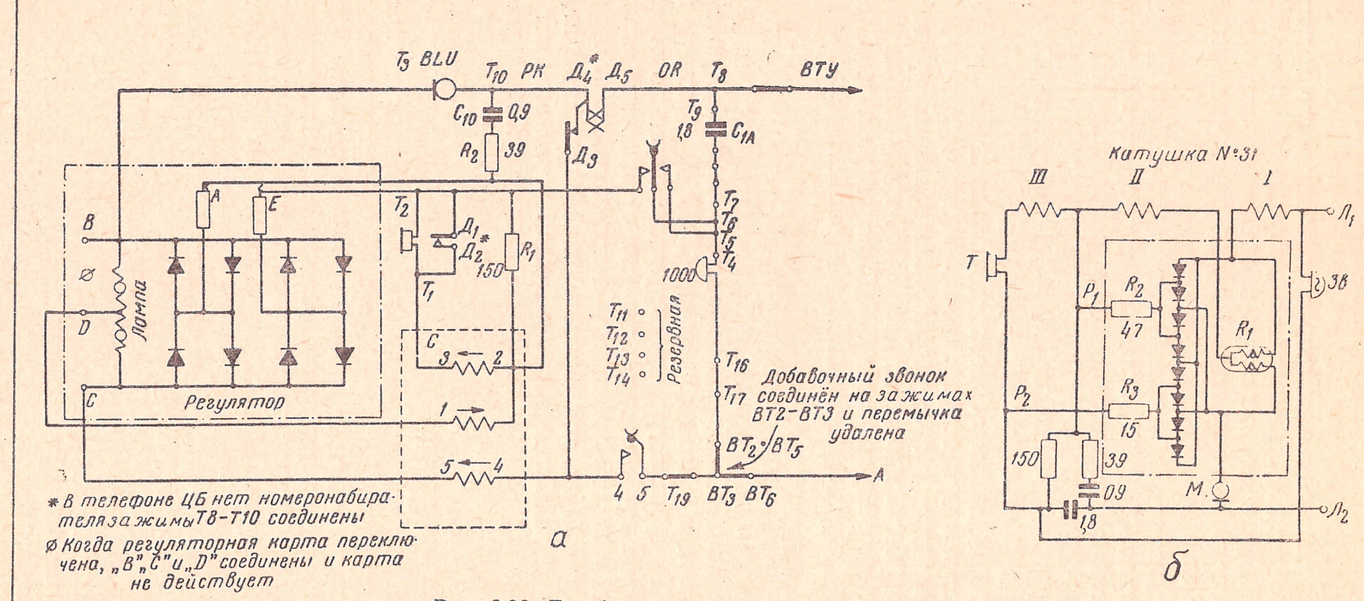
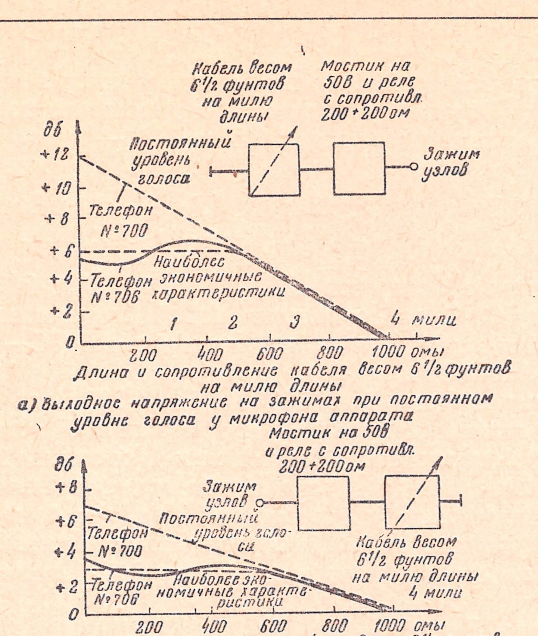
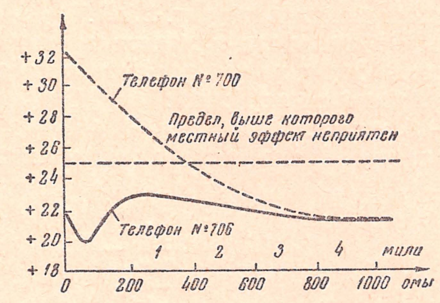


Рис. 2.28. Телефонный аппарат типа 706 (7А):
а — схема аппарата; *б* — схема разговорной части аппарата



а) Выходное напряжение на зажимах при постоянном уровне голоса у микрофона аппарата

б) Показатели приёма при постоянном входном напряжении на зажимах аппарата



в) Показатели местного эффекта в сравнении с приёмом в однометровом воздушном тракте, свободном от эха. Все показатели выражены в дб по отношению к качеству при сопротивлении линии в 1000 ом

Рис. 2.29. Характеристики передачи и приёма телефонных аппаратов типа 700 и 706 (7А):

а — уровень выходного напряжения на зажимах аппарата при постоянном уровне голоса у его микрофона; *б* — уровень приёма при постоянном входном напряжении на зажимах узла; *в* — уровень местного эффекта по отношению к слышимости в однометровом воздушном тракте, свободном от эха

типа 700, и имеют приблизительно горизонтальные характеристики.

Характеристика местного эффекта у аппаратов типа 706 проходит почти горизонтально во всём диапазоне изменения сопротивления линии, а в аппарате типа 700 — резко изменяется.

2.5. Телефонный аппарат ЦБ-АТС типа Белл-500-D (США, фирма Western Electric)

Телефонные аппараты ЦБ-АТС типа Белл-500-D и ЦБ-РТС типа Белл-500-С представляют собой модернизированную модель предшествовавших им аппаратов АТС—Белл-500-В и РТС — Белл-500-А.

Схема аппаратов Белл-500-А и Белл-500-В до некоторой степени аналогична схеме ТАН-5 с той разницей, что в ней применена сложная компенсационная ветвь, состоящая из активного сопротивления, конденсатора и автотрансформатора.

Схема содержит полупроводники (варисторы) и вакуумную лампу для улучшения балансировки на коротких линиях и автоматического ограничения уровня приёмо-передачи в функции тока.

Аппараты Белл-500-С и -D имеют принципиально новую схему с балансно-компенсационным контуром (БКК), элементы которого включены в виде электрического треугольника.

В этой схеме также применены полупроводники (варисторы), но вакуумной лампы нет (рис. 2.30).

Оригинальным в аппарате является звонок с механическим регулятором громкости и двумя парами чашек — одна внутри другой — для улучшения звучания.

Конструкция — блочная.

Основные электроакустические данные аппарата приведены в табл. 2.4.

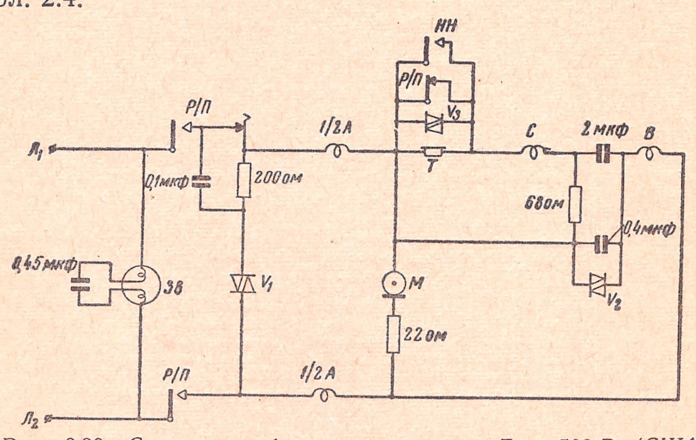


Рис. 2.30. Схема телефонного аппарата Белл-500-D (США)

Таблица 2.4

Основные электроакустические параметры телефонного аппарата ЦБ-АТС типа Белл-500-D

№ пп.	Показатель	Единица измерения	Значение		Примечание
1	Входное сопротивление разговорной цепи на частоте 1000 *гц*	*ом*	$650 \angle 12°$		При токе питания 40 *ма*
2	Модуль сопротивления вызывной цепи на частоте 25 *гц*	«	40 000		
3	Входное сопротивление постоянному току	«	100÷120		При любом положении микротелефона
4	Сопротивление телефона на частоте 1000 *гц*	«	$135 \angle 60°$		—
5	Сопротивление микрофона при токе 40 *ма*	«	60		—
6	Рабочее затухание схемы аппарата на частоте 1000 *гц*		короткая линия 0—0—0	электрически длинная линия 5—20—5	
	а) передачи	*неп*	0,85	0,25	—
	б) приёма	«	0,58	0,48	—
	в) местного эффекта	«	2,4	3,3	—
7	Слоговая артикуляция при шуме с уровнем 60 *дб*, спектра Хота:				
	а) затухание тракта 1 *неп*	%	93		—
	б) затухание тракта 3,5 *неп*	«	82		—
8	Эквивалент затухания системы по громкости *J* при:				
	передаче	*неп*	1,74		При токе 34 *ма*
	приёме	«	0,28		—
9	Среднее значение коэффициента передачи в полосе частот 300÷3400 *гц*	*мв/бар*	28		При токе 50 *ма*
10	Среднее значение коэффициента приёма в полосе частот: 300÷3400 *гц*	*бар/в*	65		—
	900÷2800 *гц*		67		—
11	Средняя чувствительность телефона в полосе частот 300÷÷3500 *гц*	«	235		Приведено к $\lvert Z \rvert_{1000} = 300$ *ом*

№ пп.	Показатель	Единица измерения	Значение	Примечание
12	Наибольшая чувствительность звонка при частоте:			
	25 *гц*	*мва*	40	—
	40 *гц*	«	68	—
	50 *гц*	«	68	—
13	Уровень громкости звонкового сигнала на расстоянии 0,5 *м* от аппарата при мощности 125 *мвт* на частоте 25 *гц*		80 74 69 57	1-й предел 2-й предел 3-й предел 4-й предел
14	Уровень громкости звукового сигнала на расстоянии 0,5 *м* от аппарата при включении в АТС ДШС (1-й предел)	*дб*	80	Через кабельную линию $d = 0{,}5$ *мм*, $l = 3{,}5$ *км*
15	Импульсный коэффициент номеронабирателя	отвлеч.	1,5	—
16	Время набора «0»	*мсек*	1000	—
17	Псофометрическое напряжение собственных шумов на зажимах аппарата	*мкв*	50÷÷100	При $I = 60$ *ма*

Частотные характеристики коэффициентов передачи и приёма показаны на рис. 2.31 и 2.32.

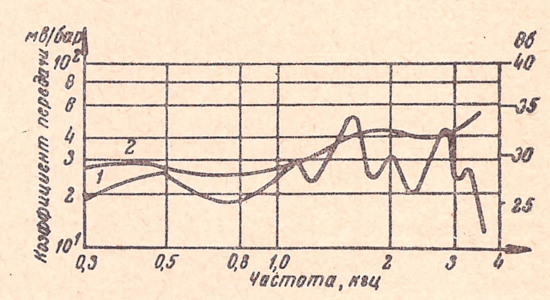


Рис. 2.31. Частотные характеристики коэффициента передачи:

1 — Белл-500-D при токе питания 60 *ма;*
2 — «Виктория» при токе питания 40 *ма*

Частотные и амплитудные характеристики микрофонов показаны на рис. 2.33 и 2.34.

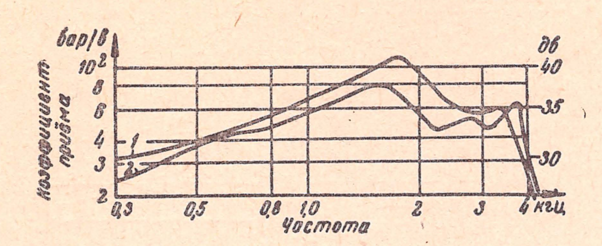


Рис. 2.32. Частотные характеристики коэффициента приёма:

1 — Белл-500-D; *2* — «Виктория»

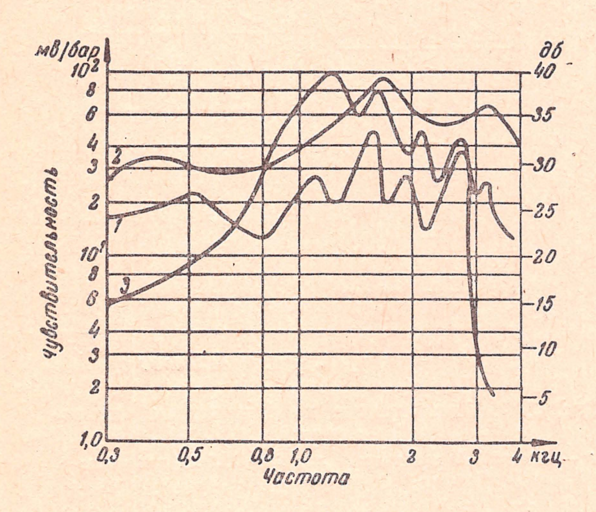


Рис. 2.33. Частотные характеристики чувствительности микрофонов:

1 — Белл-500-D при токе 60 *ма;* *2* — МК-14 («Виктория»), при токе 40 *ма;* *3* — МК-10, при токе 40 *ма*

Из рис. 2.33 видно, что микрофон Белл-500 по форме частотной характеристики приблизительно равноценен микрофону МК-14, но уступает ему по чувствительности. Микрофоны МК-14 и Белл-500 имеют значительно более равномерные характеристики, чем микрофон МК-10. Микрофон Белл-500 уступает микрофону МК-10 по чувствительности.

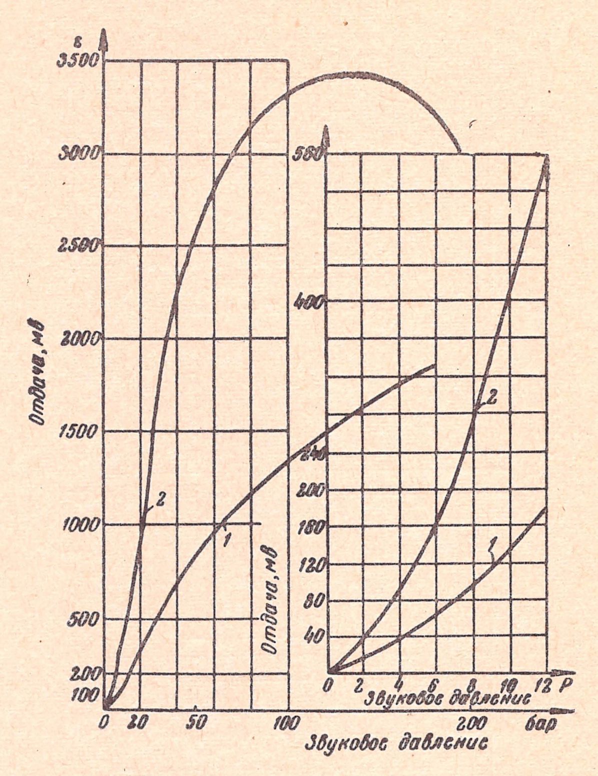


Рис. 2.34. Амплитудные характеристики микрофонов:

1 — Белл-500-D при токе 60 *ма;* *2* — МК-10, при токе 40 *ма*

Средняя чувствительность $\frac{E}{P}$ *мв/бар* (эдс) микрофонов Белл-500, МК-14 и МК-10 приведена в табл. 2.5. Там же даны значения неравномерности частотных характеристик чувствительности этих микрофонов *K дб.*

Учитывая сопротивление каждого микрофона $R_м$, находим среднюю чувствительность по мощности $W_м = \frac{\varepsilon^2}{4R_м}$ при согласованной нагрузке $R_н = R_м$:

Таблица 2.5

Средняя чувствительность и неравномерность частотной характеристики микрофонов

Полоса частот, *гц*	Белл-500 при $I_м$=60 *ма*		МК-14 при $I_м$=40 *ма*		МК-10 при $I_м$=40 *ма*	
	ε, *мв/бар*	*К, дб*	ε, *мв/бар*	*К, дб*	ε, *мв/бар*	*К, дб*
300÷3000	26	11	48	11	42	28
300÷3500	26	11	48	11	38	35
300÷4000	25	11	47	11	—	—

Белл-500 : $R_н = 60$ *ом*, $\varepsilon = 26 \cdot 10^{-3} \frac{в}{бар}$,

$$W = 2{,}75 \cdot 10^{-6} \frac{вт}{бар};$$

МК-14 : $R_н = 150$ *ом*; $\varepsilon = 48 \cdot 10^{-3} \frac{в}{бар}$,

$$W = 3{,}84 \cdot 10^{-6} \frac{вт}{бар};$$

МК-10 : $R_н = 150$ *ом*; $\varepsilon = 42 \cdot 10^{-3} \frac{в}{бар}$,

$$W = 2{,}95 \cdot 10^{-6} \frac{вт}{бар},$$

Статическое и динамическое сопротивления микрофона мало изменяются от положения его в пространстве. Динамическое сопротивление $R_д$ составляет:

в вертикальном положении . . . . 60 *ом*,
мембраной вверх . . . . 65 *ом*,
мембраной вниз . . . . 63 *ом*.

Псофометрическое напряжение $U_{псоф}$ и псофометрическая мощность $W_{псоф}$ собственных шумов микрофона Белл-500 в нагрузке $R_м$=600 *ом* составляют:

ток	$U_{псоф}$	$W_{псоф}$
ма	*мкв*	*рвт*
60	55	5,0

Амплитудная характеристика микрофона Белл-500 (рис. 2.34) прямолинейна только до звукового давления P=30 *бар;* далее она криволинейна, но не имеет перегиба даже при P=200 *бар,* что соответствует крику. Ампли-

тудная характеристика микрофона МК-10 круче и прямолинейнее характеристики микрофона Белл-500 до $P=100$ *бар*, после чего имеет место перегиб. Практически вполне достаточно для абонентского микрофона иметь прямолинейную характеристику до $50 \div 60$ *бар*. Поэтому наличие перегиба на амплитудной характеристике микрофона МК-10 несущественно.

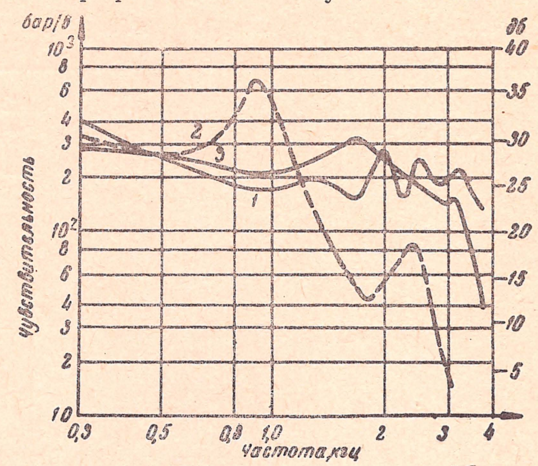


Рис. 2.35. Частотные характеристики коэффициентов приёма (чувствительности) телефонов:
1 — «Виктория»; *2* — ТК-47; *3* — Белл-500

Телефон Белл-500 (рис. 2.35) имеет наибольшую чувствительность и наименьшую неравномерность частотной характеристики. Он приблизительно равноценен телефону аппарата «Виктория» (чувствительность телефонов приведена к $|Z|_{1000} = 300$ *ом*).

Средняя чувствительность телефонов $\frac{P}{U}$ *бар/в* и наибольшая неравномерность частотной характеристики *K дб* в соответствующей полосе частот составляют:

Тип аппарата	$\frac{P}{U}$ *бар/в*		*K*, *дб*	
	неприведённая	приведённая к $Z=300$ *ом*	300÷3000 *гц*	300÷3500 *гц*
Белл-500	348	235	8	13
«Виктория»	230	230	9	9

Автоматическое ограничение амплитуды напряжения на телефоне производится с помощью варистора V_3, сопротивление которого резко уменьшается с увеличением напряжения, подводимого к его зажимам.

Так как сопротивление телефонного аппарата Z_i в сумме с последовательно включённым сопротивлением линии $Z_л$ в несколько раз выше сопротивления телефона Z_T, то при параллельном включении к телефону варистора V_3 и уменьшении результирующего сопротивления до Z_{TV} происходит снижение напряжения на этом участке цепи до значения U_{TV}. Область регулирования $\Delta U = U_T - U_{TV}$ наглядно показана на рис. 2.36. Чем выше напряжение на входе аппарата, тем сильнее снижается

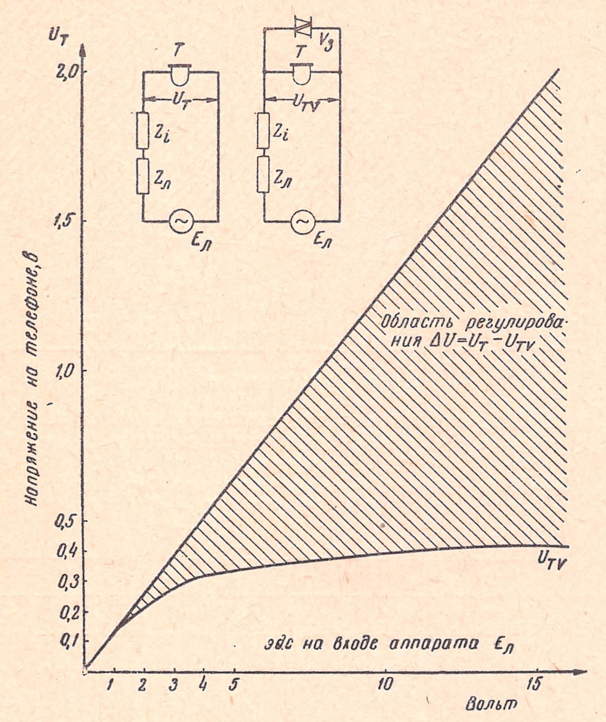


Рис. 2.36. Зависимость напряжения на телефоне от эдс ($E_л$) на входе аппарата при $f = 1000$ *гц*:
U_T — напряжение на телефоне, когда варистор V_3 выключен; U_{TV} — напряжение на телефоне, когда варистор V_3 включён

величина нелинейного сопротивления V_3 и тем сильнее падает напряжение на телефоне U_{TV}.

На рис. 2.36 видно, что напряжение на телефоне с фриттером U_{TV} не поднимается выше 0,4 *в*, тогда как без фриттера оно достигало бы $U_T = 2$ *в*.

Частотная характеристика Z_{TV} при $E_1 = 0{,}1$ *в* и $E = 1{,}0$ *в* по-

казана на рис. 2.37. Из этого рисунка видно, что с увеличением E_1 кривая Z_{TV} идёт более полого.

Управляющее действие варисторов в схеме аппарата (рис. 2.30) показано на рис. 2.38—2.40.

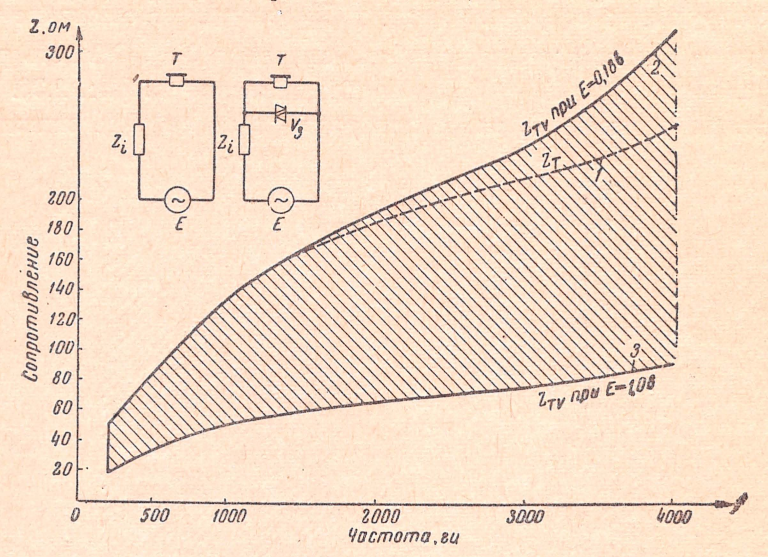
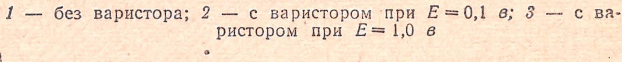


Рис. 2.37. Зависимость модуля сопротивления телефона с параллельно включённым варистором и без него от частоты:


1 — без варистора; 2 — с варистором при $E = 0,1$ *в*; 3 — с варистором при $E = 1,0$ *в*

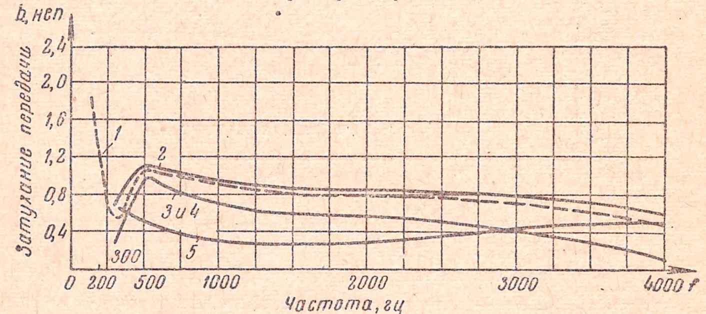
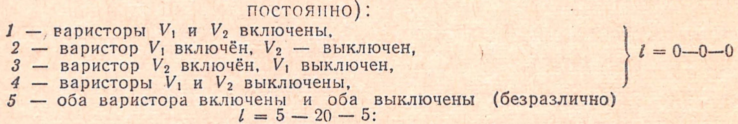


Рис. 2.38. Зависимость рабочего затухания передачи аппарата Белл-500-D от частоты (варистор V_3 включён постоянно):


1 — варисторы V_1 и V_2 включены,
2 — варистор V_1 включён, V_2 — выключен,
3 — варистор V_2 включён, V_1 выключен,
4 — варисторы V_1 и V_2 выключены, } l = 0—0—0
5 — оба варистора включены и оба выключены (безразлично) l = 5 — 20 — 5:

Из рис. 2.38 видно, что при длинных линиях (5—20—5) затухание на передачу меньше, чем при коротких линиях (0—0—0) в среднем на 0,5 *неп*, когда варисторы V_1 и V_2 включены, и на

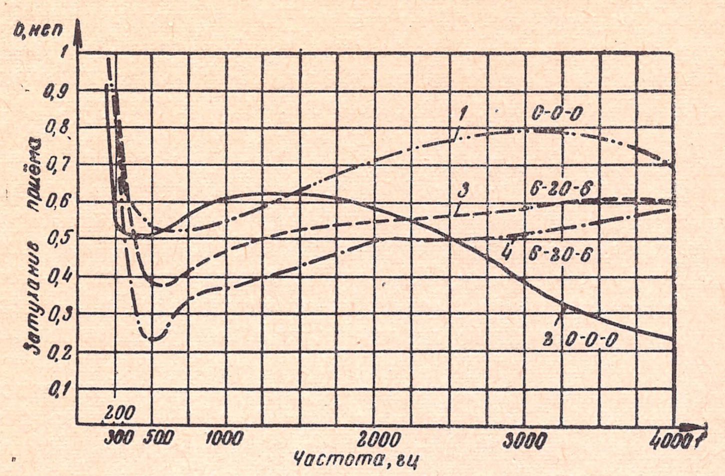


Рис. 2.39. Зависимость рабочего затухания приёма аппарата Белл-500-D от частоты (варистор V_3 включён постоянно):

1 — варисторы V_1 и V_2 включены } l=5—20—5
2 — варисторы V_1 и V_2 выключены
3 — варисторы V_1 и V_2 включены } l=0—0—0
4 — варистор V_2 включён, V_1 — выключен
5 — варистор V_1 включён, V_2 — выключен } l=0—0—0
6 — оба варистора выключены

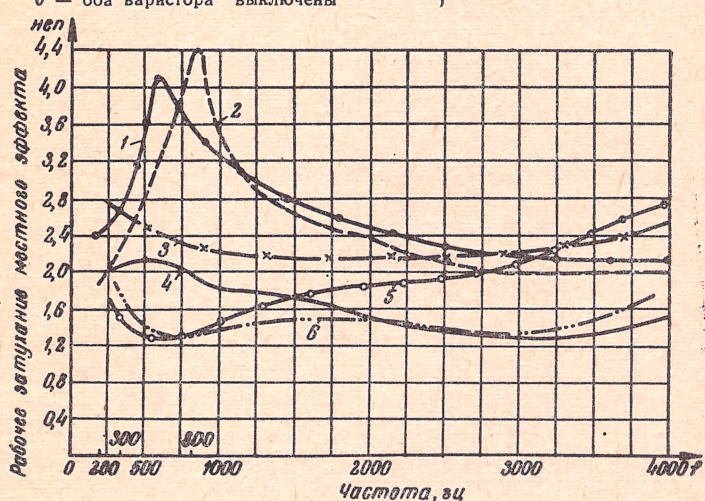


Рис. 2.40. Зависимость рабочего затухания местного эффекта аппарата Белл-500-D от частоты:

1 — оба варистора включены } l=5—20—5
2 — оба варистора выключены
3 — оба варистора включены } l=0—0—0
4 — варистор V_2 включён, варистор V_1 выключен
5 — варистор V_1 включён, варистор V_2 выключен } l=0—0—0
6 — оба варистора выключены

0,25 *неп*, когда они выключены. Варистор V_2 почти не вносит затухания на передачу. Разница в 0,25 *неп* определяется почти целиком варистором V_1. В условиях приёма (рис. 2.39) варисторы V_1 и V_2 увеличивают затухание на 0,35 *неп* при короткой линии и на 0,15 *неп* при длинной линии. Последнее уже не желательно.

Из рис. 2.40 видно, что в случае короткой линии (0—0—0) варисторы V_1 и V_2 увеличивают затухание местного эффекта на 1,0 *неп* в наиболее ответственной области частот.

При длинных линиях затухание местного эффекта достаточно высоко и от включения варисторов изменяется незначительно.

Характеристики сопротивления варисторов V_1 и V_2 переменному току R_2 в функции приложенного напряжения постоянного тока показаны на рис. 2.41.

Автоматическое ограничение уровня приёма производится варистором V_1 путём внесения потерь на приём и передачу.

Величина этих потерь тем больше, чем короче абонентская линия, и наоборот.

Предельные условия регулирования:

а) наиболее длинная абонентская линия (минимальный ток в шлейфе $I = 30$ *ма*);

б) наиболее короткая абонентская линия (максимальный ток в шлейфе до 100 *ма*).

Сопротивление переменному току $R_{\sim}$ варистора V_1:

$$I = 30 \text{ ма}, \quad R_{\sim} = 4000 \text{ ом};$$

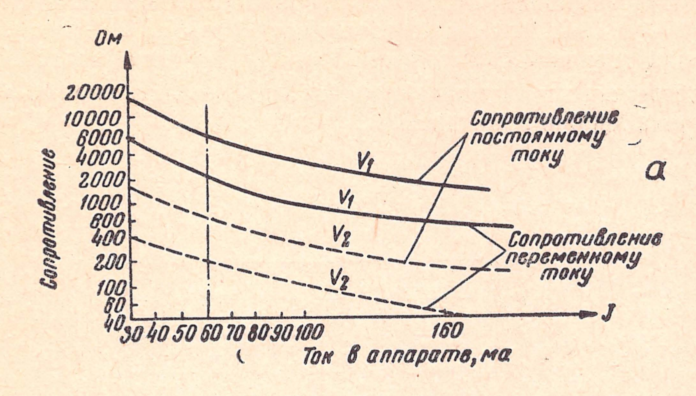
$$I = 100 \text{ ма}, \quad R_{\sim} = 800 \text{ ом}.$$

При модуле входного сопротивления линии $Z = 800 \div 1000$ *ом* параллельное включение к зажимам аппарата $R_{\sim} = 6000$ *ом* существенных потерь не внесёт. Когда же $R_{\sim}$ снизится до 800 *ом* или ниже, эти потери возрастут весьма существенно.

Влияние варисторов на балансировку схемы аппарата проявляется в следующем. Благодаря снижению сопротивления $R_{\sim}$ варистора V_2 с 500 *ом* при наиболее длинной абонентской линии *(а)*, до 50 *ом* при наиболее короткой линии *(б)* снижается ёмкостная составляющая полного сопротивления балансного контура $Z_{бк}$. В результате этого сопротивление $Z_{бк}$ становится близким к активному. Одновременно снижается индуктивная составляющая входного сопротивления аппарата Z, с помощью варистора V_1, имеющего при этих условиях $R_{\sim} = 800$ *ом*.

При соединении двух аппаратов типа Белл-500 через короткую линию каждый из них является почти активной нагрузкой для другого и каждый имеет балансный контур почти с полным сопротивлением, близким к активному. В результате этого значительно увеличивается затухание местного эффекта на коротких линиях, что было показано на рис. 2.40.

Звонок аппарата Белл-500 снабжён механическим регулятором громкости на 4 фиксированных положения. Чувствительность звонка приблизительно в 2 раза меньше чувствительности



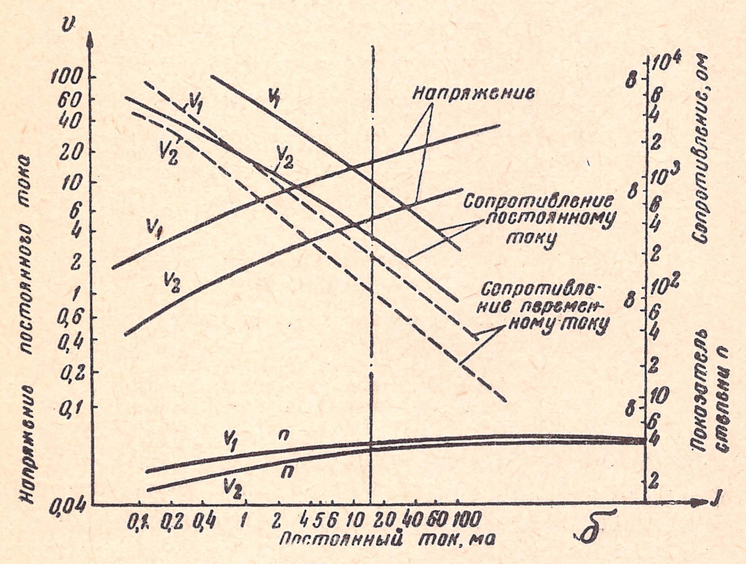


Рис. 2.41. Кривые зависимости:

а — сопротивления варисторов V_1 и V_2 от постоянного тока, протекающего через аппарат; *б* — напряжения на варисторе, сопротивления варистора и показателя степени *n* от постоянного тока, протекающего через варистор

звонка аппарата БАГТА-50. Меньшая чувствительность звонка объясняется тем, что механический регулятор громкости загрубил механизм. При устранении регулятора чувствительность звонка возрастает.

Звонок ещё устойчиво работает при напряжении генератора 60 *в* и частоте 20 *гц* через сопротивление 6000 *ом* в самом чувствительном положении, против 10 ÷ 15 000 *ом* и 50 *в* у аппарата БАГТА. Уровень интенсивности звонкового сигнала у аппарата Белл-500-D находится в пределах от 80 до 57 *дб* при крайних пределах регулировки, против 65 ÷ 67 *дб* у аппарата БАГТА-50.

Частотная характеристика чувствительности звонка в схеме аппарата показана на рис. 2.42.

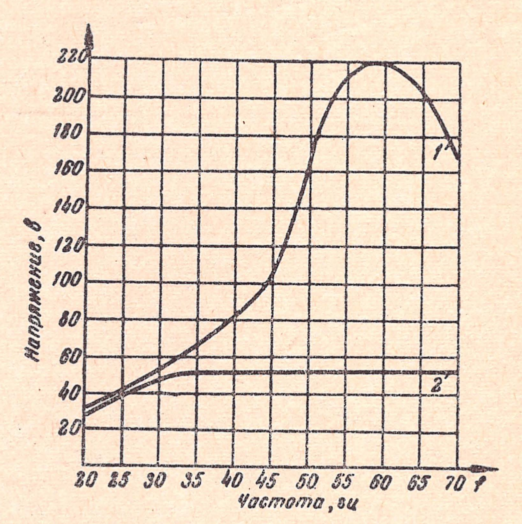


Рис. 2.42. Частотная характеристика чувствительности звонка в схеме аппарата Белл-500-D:
1 — крайнее положение регулятора; *2* — второе положение регулятора

Звонки лучше сравнивать один с другим по чувствительности только при выражении её через мощность потребляемого тока.

При частоте 25 *гц* модуль полного сопротивления звонковой цепи $|Z|$, напряжение начала устойчивой работы звонка $U_{зв}$ мощность $W_{зв}$ составляют:

Тип аппарата	$\|Z\|$, *ом*	$U_{зв}$, *в*	$W_{зв}$, *мва*
Белл-500-D во 2-м положении регулятора громкости	$40 \cdot 10^3$	40	40
БАГТА-50	$5 \cdot 10^3$	11	24

2.6. Телефонный аппарат СВ-555 (Венгрия, завод им. Белояниса)

Схема аппарата противоместная, мостовая, показана на рис. 2.43. Балансный контур — одноэлементный, ёмкостный, рассчитанный под электрически длинную кабельную линию с диаметром жил $d = 0{,}5 \div 0{,}6$ *мм*. Во время набора номера телефон и микрофон шунтируются контактами номеронабирателя. В

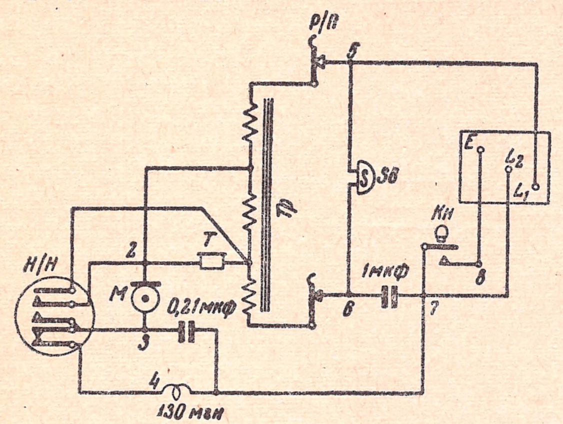


Рис. 2.43. Схема телефонного аппарата СВ-555 (Венгрия)

импульсной цепи остаётся часть обмотки автотрансформатора, однако индуктивность её весьма не велика, так как средняя обмотка (телефонная) при наборе номера шунтируется контактами номеронабирателя.

Небольшая индуктивность в импульсной цепи полезна, так как она частично компенсирует ёмкость кабеля, благодаря чему уменьшаются искажения импульсов.

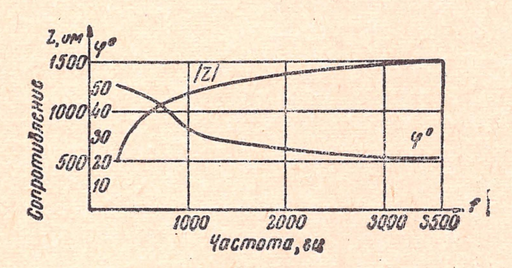


Рис. 2.44. Частотная характеристика входного сопротивления аппарата СВ-555

Основные электроакустические данные аппарата СВ-555 приведены в табл. 2.6. Частотная характеристика входного сопротивления аппарата показана на рис. 2.44.

Наиболее полное согласование с входным сопротивлением кабельной линии достигается на частоте 500 ÷ 600 *гц*.

Как видно из рис. 2.44, угол входного сопротивления аппарата всегда положителен. Угол полного сопротивления балансного контура отрицателен. Поэтому при непосредственном соединении между собой двух телефонных аппаратов через питающий мост АТС (l=0—0—0) аппараты будут разбалансированы. Имеющегося при этом затухания местного эффекта едва достаточно для устранения опасности зуммирования. Однако шумы, проникающие в свой телефон через микрофон, в данном случае менее вредны, чем при наиболее длинных и средних линиях, так как высокий уровень полезного сигнала обеспечивает хорошее качество разговора. Гораздо вреднее разбалансировка аппарата в случае длинных линий, например при βl_{800} =3,5 *неп*.

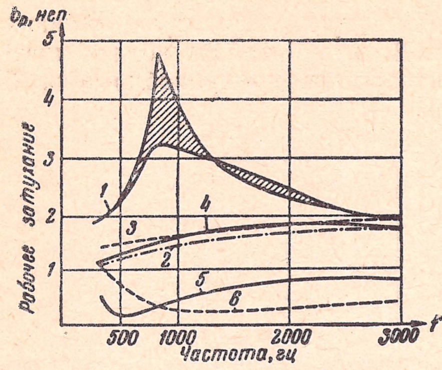


Рис. 2.45. Рабочее затухание передачи, приёма и местного эффекта аппарата:

1 — затухание местного эффекта при кабельной линии l = 5—24—5; *2* — затухание местного эффекта при l = 0—0—0; *3* — затухание местного эффекта при стальной воздушной линии, d = 3 *мм*, l = 100 *км*; *4* — затухание местного эффекта, при однопарном кабеле (ПРВПМ), d = 1,2 *мм*, l = 15 *км*; *5* — затухание приёма при кабельной линии l = 5—24—5; *6* — затухание передачи при кабельной линии l = 5—24—5

Анализируя работу аппарата на сельской телефонной сети, необходимо учитывать наличие там трёх видов линий;

d=3 *мм*, Z_{800}=1640 ∠ −22°;

малопарного кабеля типа ПРВПМ

d=1,2 *мм*, Z_{800}=240 ∠ —38°;

многопарного кабеля типа Т

d=0,5 *мм*, Z_{800}=850 ∠ —44°.

На рис. 2.45 видно, что затухание местного эффекта в аппарате СВ-555 достаточно высоко (от 3,5 до 5 *неп*) только в случае линии многопарного (городского) кабеля типа Т (кривая *1*).

В случаях электрически длинной воздушной стальной линии (кривая *3*) и линии однопарного кабеля типа ПРВПМ (кривая *4*) затухание местного эффекта в наиболее важной для разговора области частот составляет 1,15 ÷ 1,6 *неп*, или на 1,6 ÷ ÷ 1,8 *неп* меньше, чем при кабеле типа Т. Поэтому и маскирующее действие местного эффекта в этой области частот увеличивается на столько же[1]).

[1]) Влияние местного эффекта на разборчивость подробно изложено в книге Е. К. Кузнецова «Телефонные аппараты» [Л10], стр. 132 и дальше, рис. 8.7 и 8.8.

Следовательно, нужно или допустить ухудшение качества (разборчивости), или сократить затухание наиболее длинных трактов (часто до 1 *неп*), что практически невозможно, или же принять специальные меры для улучшения балансировки.

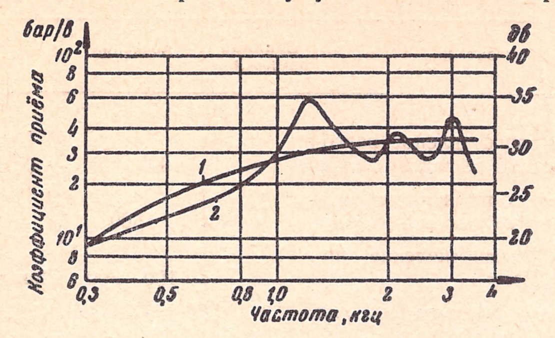


Рис. 2.46. Частотная характеристика коэффициента приёма аппарата:

1 — тенденция характеристики; *2* — характеристика

В качестве одной из таких мер можно применить несложное коммутационное приспособление для переключений элементов балансного контура.

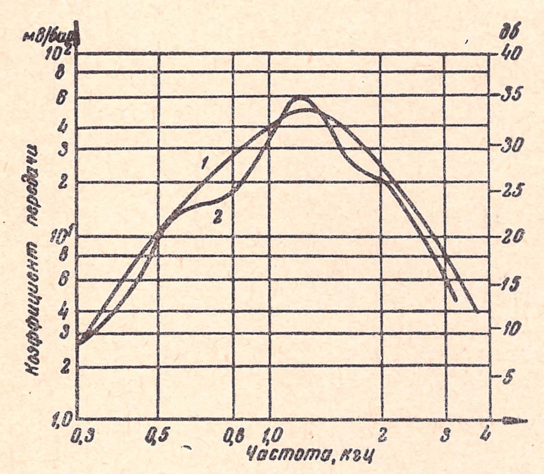


Рис. 2.47. Частотная характеристика коэффициента передачи аппарата:

1 — тенденция характеристики; *2* — характеристика

Частотные характеристики коэффициентов передачи и приёма аппарата СВ-555 приведены на рис. 2.46 и 2.47.

Частотные характеристики рабочего затухания схемы аппарата на передачу, приём и местный эффект показаны на рис. 2.45.

Таблица 2.6

Основные электроакустические параметры телефонного аппарата типа СВ-555

№ пп.	Показатель	Единица измерения	Значение	Примечание
1	Входное сопротивление разговорной цепи на частоте 800 *гц*	*ом*	1000∠42°	При протекании через аппарат тока в 40 *ма*
2	Модуль сопротивления вызывной цепи на частоте 25 *гц*	«	4500	—
3	Входное сопротивление постоянному току	«	100—300	При токе 30—40 *ма*
4	Сопротивление телефона на частоте 1000 *гц*	«	400∠65°	—
5	Динамическое сопротивление микрофона при токе:			
	а) 60 *ма*	«	60	—
	б) 20 *ма*	«	135	—
6	Рабочее затухание схемы аппарата на частоте 1000 *гц* при:			
	а) передаче	*неп*	0,38	Длинная кабельная линия
	б) приёме	«	0,39	Длинная кабельная линия
	в) местном эффекте	«	3,12	Длинная кабельная линия
	г) местном эффекте	«	1,30	Длинная стальная воздушная линия и кабель однопарный ПРВПМ
	д) местном эффекте		1,4	Короткая линия $L = 0—0—0$
7	Слоговая артикуляция при шуме с уровнем 60 *дб* спектра Хота:			
	а) затухание тракта 1 *неп*	%	90%	—
	б) затухание тракта 3,5 *неп*	«	72%	—
8	Эквивалент затухания местной системы по громкости *J* при:			
	а) передаче	*неп*	1,6	
	б) приёме	«	0,98	—
9	Среднее значение коэффициента передачи в полосе частот 300÷3500 *гц*	*мв/бар*	22	При прохождении через аппарат тока 50 *ма*
10	Среднее значение коэффициента приёма в полосе частот 300÷3500 *гц*	«	33	—

№ пп.	Показатель	Единица измерения	Значение	Примечание
11	Среднее значение чувствительности микрофона в полосе частот 300÷3500 *гц*:			
	а) приведённая к $R = 100$ *ом*	*мв/бар*	38	При прохождении через микрофон тока 50 *ма*
	б) неприведённая	«	29	—
12	Среднее значение чувствительности телефона в полосе частот 300÷3500 *гц*:			
	а) приведённая к $\|Z\| = 300$ *ом*	*бар/в*	126	—
	б) неприведённая	«	105	—
13	Номинальная чувствительность звонка при частоте 25 *гц*	*мва*	75	—
14	Наибольшая чувствительность звонка при частоте:			
	20 *гц*	«	16	Эта чувствительность достигается при соответствующей регулировке
	25 *гц*	«	13	
	40 *гц*	«	25	
	50 *гц*	«	43	
15	Уровень громкости звонкого сигнала при мощности 125 *мвт* на расстоянии 0,5 *м* от аппарата	*дб*	63	—
16	Уровень громкости звонкового сигнала при включении в АТС	«	70	Через абонентскую кабельную линию $d = 0{,}5$, $l = 3{,}5$, $R = 700$ *ом*
17	Импульсный коэффициент номеронабирателя	отвлеч.	1,5	—
18	Время набора цифры «0»	*мсек*	1000±10%	—

2.7. Телефонные аппараты ЦБ-И-57 и ЦБ-И-58 для сельской связи

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Аппараты ЦБ-И-57 и ЦБ-И-58 предназначены для включения в наиболее длинные линии сельской связи взамен аппаратов МБ. В системе ЦБ-И совмещены достоинства системы ЦБ в отношении питания микрофона и системы МБ в отношении местного (индукторного) вызова.

Аппарат ЦБ-И потребляет при разговоре ток порядка 3 *ма* от сухой батареи напряжением 24 ÷ 30 *в*, дополнительно устанавливаемой на станции системы МБ. Работа аппарата ещё возможна при снижении напряжения батареи до 10 ÷ 15 *в*, но при этом сильно уменьшается мощность передачи.

Аппарат ЦБИ разработан в двух вариантах:

1) ЦБ-И-57 с усилителем передачи и с телефонным капсюлем повышенной чувствительности ДЭМ-4М;

2) ЦБ-И-58 с усилителями передачи и приёма, но с обычным телефонным капсюлем ТК-47 или ТА-4.

АППАРАТ ЦБ-И-57

Схема аппарата показана на рис. 2.48. Основные электроакустические данные приведены в табл. 2.7.

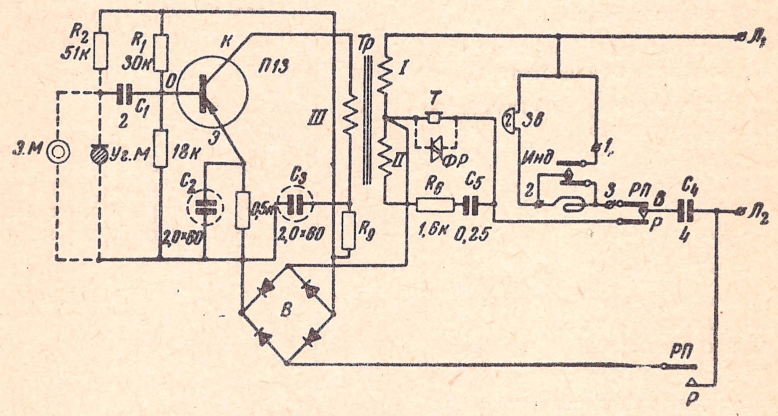


Рис. 2.48. Схема телефонного аппарата ЦБ-И-57

Аппарат имеет противоместную схему с двухэлементным балансным контуром $R_б$, $C_б$, рассчитанным на включение его в электрически длинную стальную воздушную линию с проводами диаметром 3 *мм*. Параллельно телефону *Т* включён фриттер *Фр* (состоящий из двух диодов ДГЦ-21), который снижает избыточную громкость входящего разговора при связи по коротким цепям и незначительно уменьшает громкость при связи по длинным цепям. Кроме того, он защищает ухо абонента от щелчков и акустических ударов. Действие фриттера показано на рис. 2.49. Имеется возможность включения электромагнитного микрофона *ЭМ* (например, ДЭМ-4М) или низкоомного угольного микрофона (МК-10, МК-14). Угольный микрофон работает в режиме малых токов питания [Л19]. Он потребляет ток $I_м = 0.3 \div 0,5$ *ма*. При этом спекаемость зёрен угольного порошка практически устранена.

Частотные характеристики чувствительности микрофона МК-10 при токах питания 1 ÷ 2 *ма* и 20 *ма* показаны на рис. 2.50. Характеристики приблизительно подобны.

Зависимость чувствительности микрофона от тока питания при воздействии на него речью или шумом белого спектра показана на рис. 2.51.

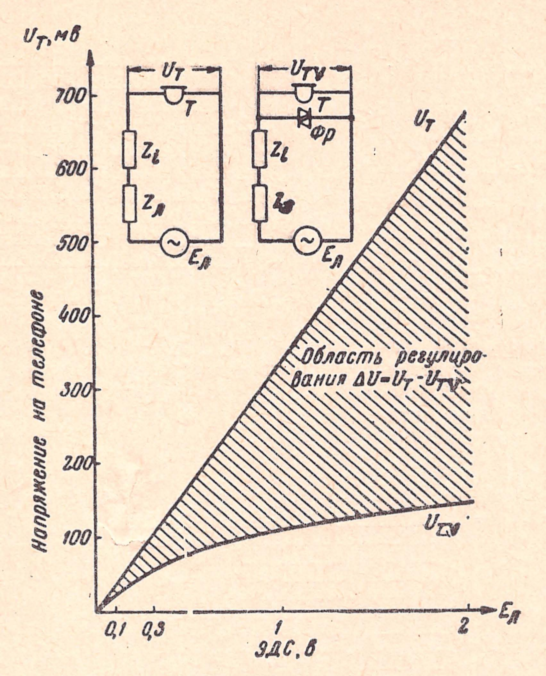


Рис 2.49. Зависимость напряжения на телефоне с фриттером (U_{TV}) и без фриттера U_T от эдс на входе аппарата ЦБ-И-57 (измерено при частоте 1000 *гц*; в качестве фриттера использованы два диода Д7А)

Чувствительность угольного микрофона плавно возрастает с увеличением тока питания. Соотношение между чувствительностью к речи и шуму белого спектра сохраняется приблизительно постоянным до $I_м = 30$ *ма*. Для данного типа микрофона (МК-10) чувствительность к речи в два раза выше, чем к шуму. Из амплитудных характеристик рис. 2.52 видно, что мощность, развиваемая электромагнитным микрофоном типа ДЭМ-4М при звуковом давлении 10—15 *бар*, равна мощности угольного микрофона МК-10-НО при токе порядка 0,7 *ма*. Это приблизительно совпадает с данными сравнения по эквиваленту затухания передачи (рис. 2.53).

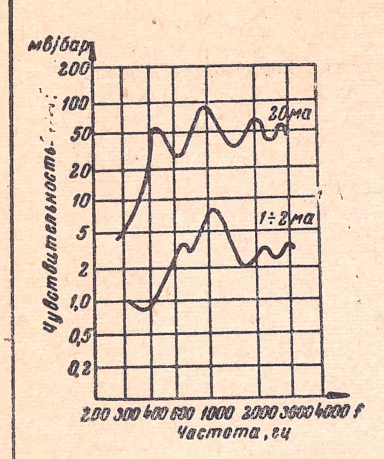


Рис. 2.50. Частотные характеристики чувствительности микрофона МК-10 при токах питания 1÷2 *ма* и 20 *ма*

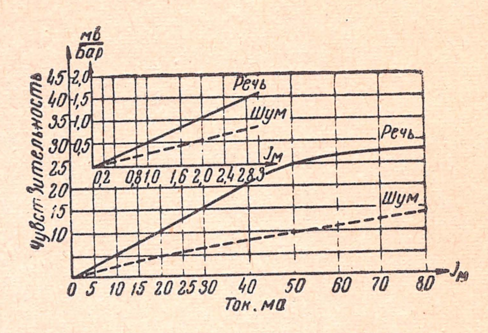


Рис. 2.51. Зависимость чувствительности микрофона МК-10 от тока питания для речи и шума белого спектра

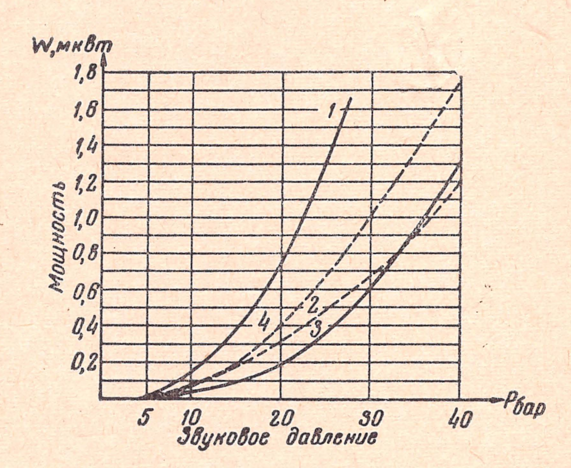


Рис. 2.52. Зависимость мощности, развиваемой угольным и электромагнитным микрофонами, от звукового давления:
1 — угольный, МК-10, $I_M = 1$ *ма*, $R_M = 300$ *ом*; 2 — электромагнитный, ДЭМ-4М. $Z = 600$ *ом*; 3 — угольный, МК-10, $I_M = 0{,}5$ *ма*, $R_M = 300$ *ом*; 4 — угольный, МК-10, $I_M = 0{,}7$ *ма*, $R_M = 300$ *ом*

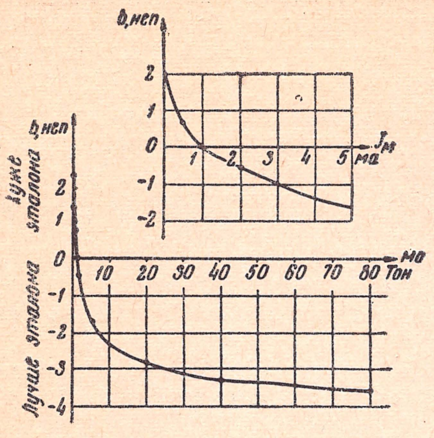


Рис. 2.53. Зависимость эквивалента затухания передачи угольного микрофона МК-10 от тока питания (в качестве условного эталона взят электромагнитный капсюль типа ДЭМ-4М)

R, ом
Сопротивление, ом
Ток питания, ма
$J_м$

Рис. 2.54. Зависимость динамического сопротивления микрофона МК-10 от тока:
1 — высокоомный; *2* — низкоомный

С уменьшением тока питания микрофона снижаются также его собственные шумы. Особенно резко проявляется это снижение при $I_м < 5$ *ма* (см. рис. 4.10).

От величины тока питания микрофона также сильно зависит его сопротивление. Зависимость динамического сопротивления микрофона от тока питания показана на рис. 2.54.

При изменении тока от 80 до 1 *ма* сопротивление возрастает с 60 до 300 *ом.*

Благодаря столь значительному увеличению сопротивления оказывается возможным включить низкоомный микрофон непосредственно на вход усилителя передачи с общим эмиттером без трансформатора.

Усилитель передачи на одном полупроводниковом триоде (П13А) обеспечивает на входе аппарата в нагрузке 1600 *ом,* мощность 1 ÷ 1,5 *мва.*

Полярность питания усилителя не изменяется при произвольных переключениях проводов цепи благодаря вентильному столбику *В* (см. рис. 2.48).

Частотные характеристики коэффициента приёма, передачи и местного эффекта показаны ниже вместе с характеристиками телефонного аппарата ЦБ-И-58.

АППАРАТ ЦБ-И-58

Схема аппарата показана на рис. 2.55. Основные электроакустические данные приведены в табл. 2.7.

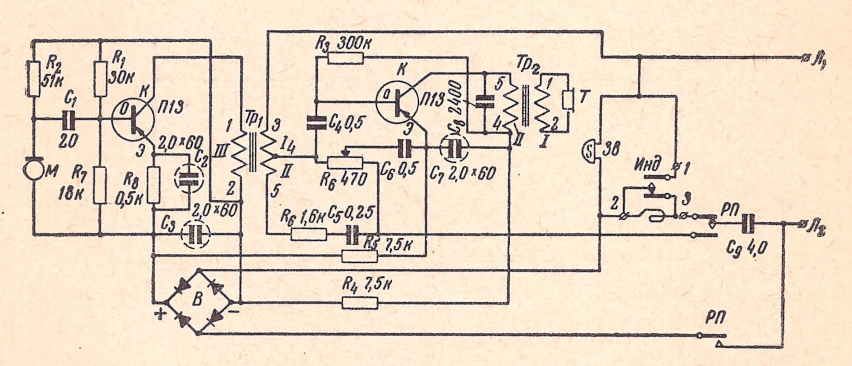


Рис. 2.55. Схема телефонного аппарата ЦБ-И-58

Усилители приёма и передачи включены по схеме с общим эмиттером. Первоначально в схеме предусматривалась специальная температурная компенсация с помощью отрицательной обратной связи, однако впоследствии от неё пришлось отказаться из-за больших потерь мощности, которые в условиях эксплуатации телефонного аппарата не оправдываются.

Таблица 2.7

Основные электроакустические параметры телефонных аппаратов типа ЦБ-И-57 и ЦБ-И-58

№ пп.	Показатель	Единица измерения	Значение	Примечание
1	Входное сопротивление разговорной цепи на частоте 1000 *гц*	*ом*	1200∠10°	—
2	Модуль сопротивления вызывной цепи на частоте 25 *гц*	«	4500	—
3	Входное сопротивление постоянному току	«	8000	—
4	Сопротивление телефона на частоте 1000 *гц*	«	300∠60°	—
5	Сопротивление микрофона при токе 1 *ма*	«	260	МК-10 (НО)
6	Номинальная чувствительность звонка при частоте 25 *гц*	*мва*	75	—
7	Наибольшая чувствительность звонка при частоте:			
	25 *гц*	«	30	—
	40 *гц*	«	15	—
8	Уровень громкости звонкового сигнала на расстоянии 0,5 *м* от аппарата при мощности 125 *мвт*	*дб*	65	—
9	Потребление тока при разговоре:			
	а) аппарат ЦБ-И-57	*ма*	2÷2,5	—
	б) аппарат ЦБ-И-58	«	3÷3,5	—
10	Слоговая артикуляция при шуме с уровнем 60 *дб* спектра Хота:			
	а) затухание тракта 2,0 *неп*	%	72	—
	б) затухание тракта 4,0 *неп*	«	55	—
	в) затухание тракта 4,7 *неп*	«	51	—
11	Эквивалент затухания местной системы по громкости *J* при:			
	а) передаче	*неп*	1,14	Местная система ВРС состоит из аппарата, абонентской воздушной стальной линии $d = 3$ *мм*, $\beta l_{800} = 0,5$ *неп* и питающего комплекта станции
	б) приёме	«	0,18	

№ пп.	Показатель	Единица измерения	Значение	Примечание
12	Среднее значение коэффициента передачи в полосе частот 300÷3000 *гц* ЦБ-И-57 и ЦБ-И-58	*мв/бар*	70	—
13	Среднее значение коэффициента приёма в полосе частот 300÷3000 *гц*			
	а) ЦБ-И-57	*бар/в*	82	—
	б) ЦБ-И-58 максимальное усиление	«	158	—
	в) ЦБ-И-58 среднее усиление	«	60	—
	г) ЦБ-И-58 минимальное усиление	«	31	—
14	Среднее значение общего коэффициента передачи через тракт с затуханием 1,1 *неп* на частоте 800 *гц*:			
	а) ЦБ-И-57	*бар/бар*	1,8	В полосе частот
	б) ЦБ-И-58	«	2,4	300÷3000 *гц*
15	Мощность индуктора	*ва*	2	—

В аппарате ЦБ-И-58 применён угольный микрофон типа МК-10-НО, работающий, как и в аппарате ЦБ-И-57, при токе питания 0,5 *ма*. При этом токе его сопротивление составляет около 300 *ом*. Частотные характеристики коэффициентов приёма и передачи, а также общего коэффициента передачи и коэффициента местного эффекта показаны на рис. 2.56—2.60.

Как видно из рис. 2.56, частотная характеристика коэффициента приёма аппарата ЦБ-И-58 при максимальном усилении проходит выше характеристик остальных аппаратов, а на среднем усилении выше ТАН-5-МП и ниже ЦБ-И-57. Хотя характеристики аппарата ЦБ-И-58 имеют резонансный характер, тем не менее они гораздо равномернее характеристик аппарата ТАН-5-МП с теми же электроакустическими преобразователями благодаря подъёму усиления с ростом частоты. Особенно сильно это сказывается на характеристике передачи аппаратов ЦБ-И-57 и ЦБ-И-58 (рис. 2.57).

Результирующий эффект усиления приёмо-передачи в аппаратах ЦБ-И-57 и ЦБ-И-58 показан на графиках общего коэффициента передачи (рис. 2.58).

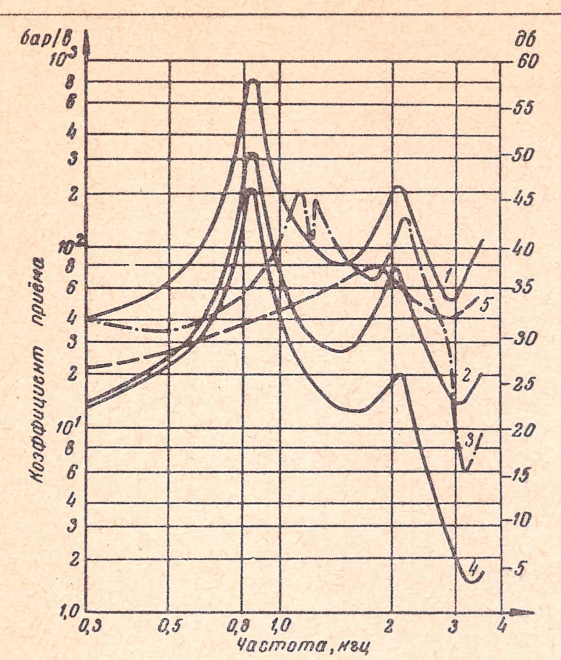


Рис. 2.56. Частотные характеристики коэффициента приёма телефонных аппаратов:

1 — ЦБ-И-59 — максимальное усиление; *2* — ЦБ-И-58 — среднее усиление; *3* — ЦБ-И-57 — среднее усиление; *4* — ТАН-5-МП; *5* — Белл-500-D

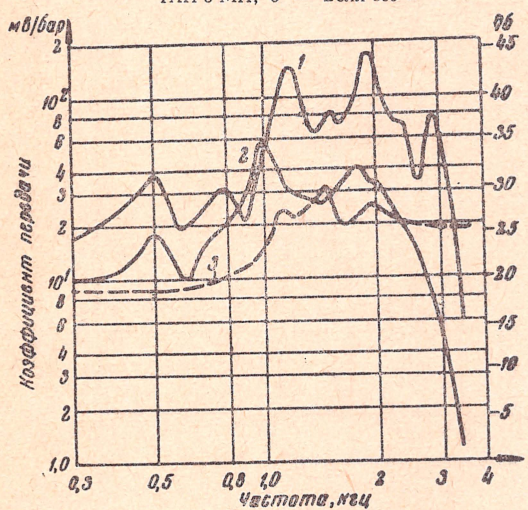


Рис. 2.57. Частотные характеристики коэффициента передачи телефонных аппаратов:

1 — ЦБ-И-57 и ЦБ-И-58; *2* — ТАН-5-МП и БАГТА (ВЭФ); *3* — Белл-500-D при токе 30 *ма*

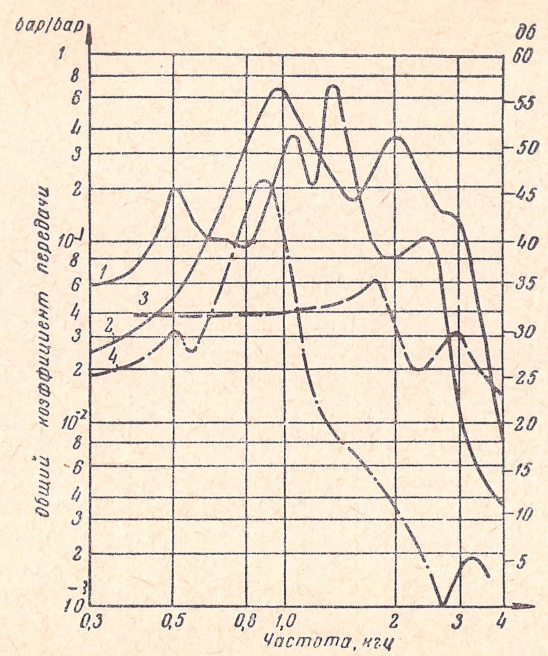


Рис. 2.58. Частотные характеристики общего коэффициента передачи:

1 — ЦБ-И-58 — максимальное усиление через тракт *А*; *2* — ЦБ-И-57 через тракт *А*; *3* — Белл-500 - D через тракт *Б*; *4* — ТАН-5-МП через тракт *Б*;

Тракт *А*. $l=50-0-50$, воздушная стальная цепь, $d = 3$ *мм* с каждой стороны ($\cdot l_{00} = 2$ *неп*).

Тракт *Б*. $l = 6-0-5$ *км*, кабельная линия, $d = 0{,}5$ *мм* с каждой стороны.

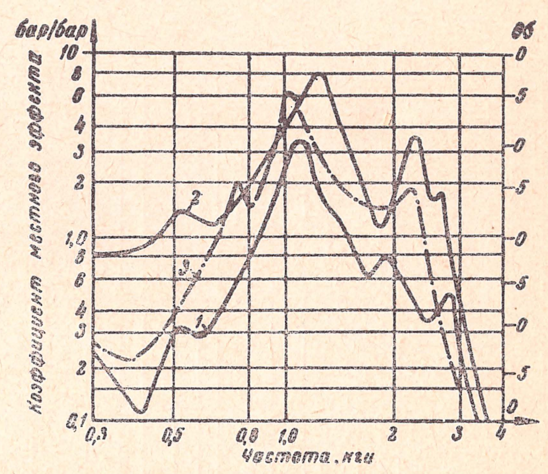


Рис. 2.59. Частотные характеристики коэффициента местного эффекта в случае очень короткой линии ($l=0-0-0$):

1 — ЦБ-И-58 — минимальное усиление; *2* — ЦБ-И-57; *3* — БАГТА-50

Частотная характеристика коэффициента местного эффекта аппарата ЦБ-И-58 (рис. 2.59) в случае очень короткой линии

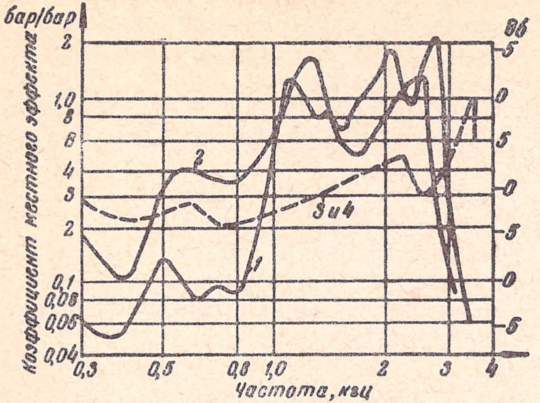


Рис. 2.60. Частотные характеристики коэффициента местного эффекта в случае электрически длинной линии:
1 — ЦБ-И-58; *2* — ЦБИ-57; *3* — Белл-500-D; *4*—«Виктория»

проходит ниже, чем у всех остальных аппаратов, благодаря возможности снизить усиление приёма регулятором громкости.

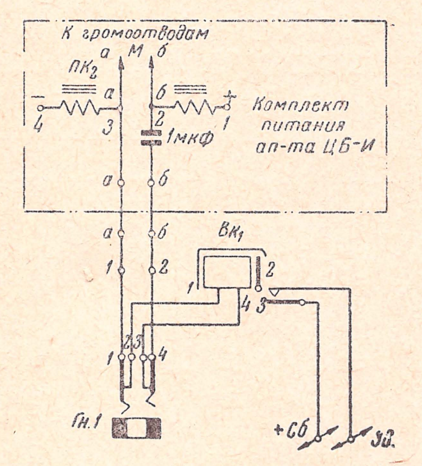


Рис. 2.61. Схема включения аппарата ЦБ-И в коммутатор МБ с помощью питающей приставки

При электрически длинной линии характеристика коэффициента местного эффекта ЦБ-И-58 (рис. 2.60) проходит ниже характеристик аппаратов ЦБ-И-57, Бела-500 и Виктория на уча-

стке частот 300 ÷ 1000 *гц*, а на участке частот 900 ÷ 3400 *гц* — выше, чем у аппарата Белл-500-D, и приблизительно так же, как у аппарата ЦБ-И-57. Более высокий уровень местного эффекта, чем в аппарате Бел-500-D, объясняется значительно более высоким уровнем общего коэффициента передачи (на 15 *дб*).

Однако разность уравнений сигнал/шум будет приблизительно та же. Слоговая разборчивость S % в трактах с аппаратами ЦБ-И-57 и ЦБ-И-58 значительно выше, чем у других аппаратов при повышенных затуханиях тракта βl. Измерения показывают, что при $\beta l = 4{,}7$ *неп* и уровне окружающего шума 60 *дб* слоговая разборчивость $S = 51\%$.

При том же шуме, но при $\beta l = 4$ *неп* слоговая разборчивость $S = 55\%$, что соответствует оценке «хорошо».

Включение аппарата ЦБ-И в коммутатор МБ производится без переделки последнего с помощью питающей приставки по схеме рис. 2.61.

Питающая приставка состоит из двухобмоточного дросселя *ПК* сопротивлением 500×2 и индуктивностью $L_1 + L_2 + 2M > 20$ *гн* и конденсатора ёмкостью $C = 4$ *мкф*.

В заключение настоящей главы приводятся данные о числе витков и сопротивлении обмоток трансформаторов некоторых телефонных аппаратов. Эти данные сведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Число витков и сопротивление обмоток трансформаторов некоторых телефонных аппаратов.

Тип аппарата	Число витков обмоток трансформатора			Сопротивление постоянному току, *ом*			
	I	II	III	I	II	III	IV
ТАН-5	1495	520	585	29	13	16	70
ТАН-5-МП	1495	520	585	29	380	16	70
БАГТА-50	1435	520	580	29	380	16	—
700	1220	660	420	15	10,5	7,5	—
706 (7А)	900	540	315	22	8	6	—
СВ-555	1400	650	1350	37	60	40	—

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕДАЧИ СТАНЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗГОВОРНОГО ТРАКТА

В состав любого современного телефонного тракта входят питающий мост АТС (РТС) и коммутационные элементы.

Только тракты отживающей телефонной системы с местной батареей не имеют питающих мостов на станции.

Кроме питающего моста, в разговорный тракт часто входят комплекты реле соединительных линий и почти всегда термические катушки линейной защиты. Термические катушки включаются в каждую абонентскую линию; в соединительные линии они не включаются.

Коммутационные элементы, например контакты электромагнитных реле и искателей, как правило, имеют сопротивление порядка 10^{-3} *ом* и вносимое ими затухание практически может не учитываться (имеются в виду исправные, неокислённые, незагрязнённые металлические контакты при нормальном контактном давлении).

Коммутационные элементы электронных АТС вносят бо́льшие потери, чем реле и искатели обычных АТС. Благодаря достигнутым успехам в области полупроводников и созданию более совершенных схем электронных АТС в последние годы удалось обеспечить затухание станционной части тракта в пределах 0,2 *неп*. В условиях городской телефонной сети потери в станционной части тракта определяются главным образом питающим мостом, термическими катушками, комплектами реле соединительных линий (РСЛ) и ёмкостью монтажа.

В условиях сельской телефонной связи станционные потери определяются теми же элементами, что на ГТС, и, кроме того, трансформаторами для индуктивной передачи сигналов управления и взаимодействия. На небольших станциях электрическая ёмкость монтажа не имеет значения. При многоступенчатом соединении станционные потери становятся особенно заметными и могут достигать 0,5 *неп* на участке тракта от абонента до МТС или 1,2 *неп* при связи между двумя абонентами различных районов.

Наряду с потерями в виде затухания передачи, вносимыми станционными элементами, в разговорных трактах возникает также значительное ухудшение качества из-за коммутационных

шумов. Эти шумы возникают вследствие вибрации переходных контактов искателей и реле, а также из-за несовершенной фильтрации гармоник в питающих выпрямителях.

Питающий мост территориально располагается на одной станции, когда связь протекает между абонентами, включёнными в эту станцию.

При связи между абонентами различных АТС питающий мост образуется двумя питающими комплектами, находящимися на каждой из станций, куда включены абоненты.

Схемы питающих мостов АТС отличаются электрическими параметрами и числом входящих элементов, но, как правило, обеспечивают разделённое питание телефонных аппаратов. На РТС сохранились ещё полуразделённые и неразделённые питающие мосты. Примеры схем питания и передачи приведены на рис. 3.1 ÷ 3.28.

С точки зрения питания аппарата в «местной системе» от батареи станции интерес представляют лишь сопротивление питающих обмоток реле (трансформатора) и число таких обмоток.

Остальные элементы АТС влияют в той или иной мере на затухание станционного четырёхполюсника и здесь отдельно не рассматриваются.

Под станционным четырёхполюсником понимается питающий мост с ёмкостью, эквивалентной ёмкости монтажа на его зажимах и с последовательно включёнными термическими катушками. В ряде случаев с питающим мостом каскадно соединены другие элементы АТС, например комплекты *РСЛ* и трансформаторы для индуктивной передачи сигналов управления и взаимодействия. Иначе говоря, получается цепочка каскадно-соединённых четырёхполюсников.

Сопротивлением переходных контактов искателей и реле обычно пренебрегают (речь идёт только об исправных трактах).

При оценке качества станционной части тракта будем рассматривать характеристическое затухание (b) и характеристическое сопротивление (Z_c) отдельно взятых четырёхполюсников, например *IГИ*, *ЛИ*, *РСЛ*, а также цепочку четырёхполюсников, эквивалентную связи двух абонентов.

Ниже приводятся указанные частотные характеристики и схемы соответствующих четырёхполюсников.

На этих схемах и графиках приняты следующие общие обозначения:

b — собственное или характеристическое затухание;

$|Z_{c1}|$ и $|Z_{c2}|$ — модули характеристических сопротивлений с левой и правой сторон четырёхполюсника.

Наиболее часто в практике приходится пользоваться величиной собственного или характеристического затухания b. Во всех случаях вычисленные результаты суммарного затухания

составной телефонной цепи могут с достаточной технической точностью считаться равными рабочему затуханию.

Фазовая составляющая α° коэффициента передачи q, а также угол φ° характеристического сопротивления Z_c станционного четырёхполюсника требуются относительно редко и потому на частотных характеристиках не приведены. Значения α° и φ° даны в табл. 3.2.

Затухание Δb, вносимое в разговорный тракт сопротивлением четырёх термических катушек линейной защиты, составляет:

$$R = 5 \ \textit{ом} \times 4; \ \Delta b = 0{,}012 \ \textit{неп};$$

$$R = 25 \ \textit{ом} \times 4; \ \Delta b = 0{,}08 \ \textit{неп};$$

$$R = 30 \ \textit{ом} \times 4; \ \Delta b = 0{,}10 \ \textit{неп}.$$

С частотной зависимостью Δb в первом приближении можно не считаться. Тогда величина затухания станционного четырёхполюсника b_{cm} «от кросса до кросса», т. е. с учётом затухания четырёх термических катушек, может быть легко определена из выражения (приблизительно)

$$b_{cm} = b_{пм} + \Delta b,$$

где $b_{пм}$ — затухание питающего моста на частоте f, измеренное без термических катушек.

Значение $b_{пм}$ показано на приводимых ниже частотных характеристиках затухания питающих мостов АТС.

Суммарное затухание станционных четырёхполюсников некоторых АТС при различных сопротивлениях термических катушек (при частоте 800 *гц*) составляет:

АТС-54 (рис. 3.9 и 3.10)

Согласно рис. 3.10 $b_{пм} = 0{,}08$ *неп*;

$$R = 5 \ \textit{ом} \times 4; \ b_{cm} = 0{,}08 + 0{,}012 = 0{,}092 \ \textit{неп};$$

$$R = 25 \ \textit{ом} \times 4; \ b_{cm} = 0{,}08 + 0{,}08 = 0{,}16 \ \textit{неп}.$$

АТС = 47 (рис. 3.11; 3.12)

Согласно рис. 3.10 $b_{пм} = 0{,}07$ *неп*;

$$R = 5 \ \textit{ом} \times 4; \ b_{cm} = 0{,}082 \ \textit{неп};$$

$$R = 25 \ \textit{ом} \times 4; \ b_{cm} = 0{,}15 \ \textit{неп}.$$

АТС машинной системы (рис. 3.13 и 3.14)

Согласно рис. 3.14 $b_{пм} = 0{,}037$ *неп*;

$$R = 5 \ \textit{ом} \times 4; \ b_{пм} = 0{,}05 \ \textit{неп};$$

$$R = 25 \ \textit{ом} \times 4; \ b_{cm} = 0{,}12 \ \textit{неп};$$

$$R = 30 \ \textit{ом} \times 4; \ b_{cm} = 0{,}14 \ \textit{неп}.$$

Таблица 3.1

Данные питающих мостов некоторых АТС

Тип станции	Сопротивление постоянному току, *ом*	Напряжение батареи, *в*	Число сердечников	Тип реле или трансформатора	Число витков обмотки	Индуктивность одной обмотки, *гн*	Индуктивность двух обмоток, *гн*
АТС-47 (ДШС)	500×2	60	1	плоское реле РПН	6200×2	2,9	11,6*
АТС-54 (ДШС)	500×2	60	1	»	6200×2	2,9	11,6
АТС типа 26/29 фирмы Сименс (ДШС)	500×2	60	2	плоское реле	8800	5,85	11,7
АТС машинной системы	800×2	48	1	реле типа 100	8500×2	4,5	18,0
Сельская релейная АТС 20 №№	700×2	60	1	плоское реле РПН	7250×2	4,25	17
Сельская АТС типа 100/500 (ДШС)	500×2	60	1	то же	6200×2	2,9	11,6
Сельская релейная АТС 40 №№	500×2	60	1	»	6200×2	2,9	11,6
Сельская АТС типа К-40/80 (координатная система)	700×2	54—84	1	плоское реле РПН	6400×2	3	12,0
Координатная АТС большой и средней ёмкости с электронным управлением	500×2 (реле А)	60	1	круглое «Тесла»	4400×2	1,6	6,4
Опытная АТС координатной системы городского типа	500×2	60	1	плоское реле РПН	6200×2	2,9	11,6
	480×2	60	1	плоское реле РПН	6700×2	3,3	13,2

* См. рис. 3.3, на котором, кроме реле *А*, показаны две обмотки реле *М* (50×2).

Таблица 3.2

Угол $\varphi°$ характеристического сопротивления Z_c и фазовая составляющая $\alpha°$ коэффициента передачи g станционного четырёхполюсника в функции частоты

Наименование четырёхполюсника	№ рис.		Частота, *гц* 300	500	1000	2000	3000	4000
			Градусы					
АТС-54 (ДШС) ГИ-1	3,1	φ	8,3	9,6	11,26	12,75	13,58	15
		α	44,5	23,75	13,58	7,41	5	3,80
АТС-47 (ДШС) ГИ-1	3,3	φ	5,1	7,8	8,16	5,36	6,87	7,91
		α	42,35	25,41	13,86	7,41	4,83	3,61
АТС-54 (ДШС) ЛИ	3,5	φ	14	15,16	17,61	19,8	22,63	27,4
		α	15	9,4	5,25	3	2	1,30
АТС-47 (ДШС) ЛИ	3,7	φ	15,71	16,7	18,66	21,33	21,6	24,5
		α	15,08	9,4	5,5	3,08	2,08	1,6
АТС-54 (ДШС) Полный станционный тракт без термических катушек	3,9	φ	7,58	2,66	10,58	12	12,82	16,17
		α	+126,66	33,91	18,08	9,75	6,83	5,05
АТС-47 (ДШС) Полный станционный тракт без термических катушек	3,11	φ	2,66	8,17	9,5	13	14,8	18,08
		α	+131,33	33,66	17,83	9,5	6,5	4,6
АТС машинной системы Полный станционный тракт без термических катушек	3,13	φ	16,33	16,75	17,66	19,66	23	27,66
		α	14,9	9,75	5,5	3,15	1,83	1,0
Подстанция ДШС на 100 №№ ИВ	3,15	φ	10,41	12,5	15,25	16	18	20,6
		α	23,5	14,9	8,3	4,6	2,85	2,25
Подстанция ДШС на 100 №№ ЛИ	3,17	φ	13,9	15,75	17,6	18,9	19	19,66
		α	17,66	11,25	6,4	3,75	2,66	2

Продолжение

Наименование четырёхполюсника	№ рис.		Частота, гц: 300	500	1000	2000	3000	4000
			Градусы					
Сельская районная АТС на 20 №№ Полный станционный тракт	3,19	φ	10,7	18,46	22,41	25,25	27,5	30
		α	23,46	14,93	8,63	4,93	3,41	2,46
Сельская релейная АТС на 20 №№ Комплект исходящего и входящего сообщения связи с РТС — гальваническая передача сигналов управления	3,21	φ	7,01	8,8	11,5	12,38	11,71	13,18
		α	31,33	19,1	14,55	8,53	4,1	3
Сельская релейная АТС на 20 №№ Комплект исходящего и входящего сообщения связи с АТС и РТС (ЦБ) — индуктивная передача сигналов управления	3,23	φ	4,0	4,1	+0,3	+35,9	+14,18	+2,16
		α	37	21	8,5	+0,1	+5,5	+11
Сельская релейная АТС на 40 №№ Транзитное сообщение (индуктивная передача сигналов управления)	3,25	φ	+7,63	1,63	+1,96	+37,75	+13,2	+1,7
		α	+96,8	+138,5	18,4	0,75	+10,01	+31,66
Сельская релейная АТС Входящее сообщение при связи с АТС и РТС ЦБ (индуктивная передача сигналов управления)	3,27	φ	9,9	8	9,5	4,75	15,5	+5,8
		α	+118	35,5	16,5	4,25	+3	+8,7

Примечание. Перед каждым значением φ и α должен быть минус, за исключением случаев, где перед числом стоит знак (+).

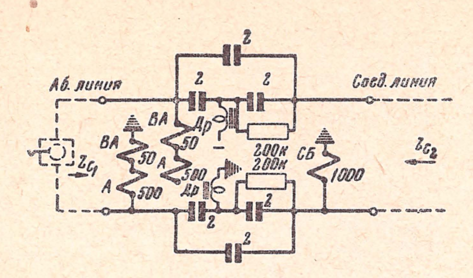


Рис. 3.1. Схема *IГИ* АТС-54 (ДШС)

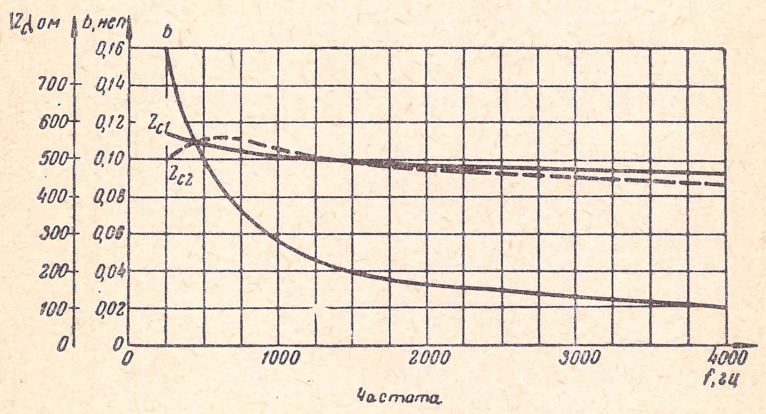


Рис. 3.2. Частотные характеристики b, Z_{c1} и Z_{c2} (к рис. 3.1)

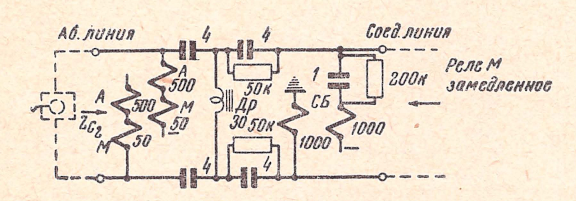


Рис. 3.3. Схема *IГИ* АТС-47 (ДШС)

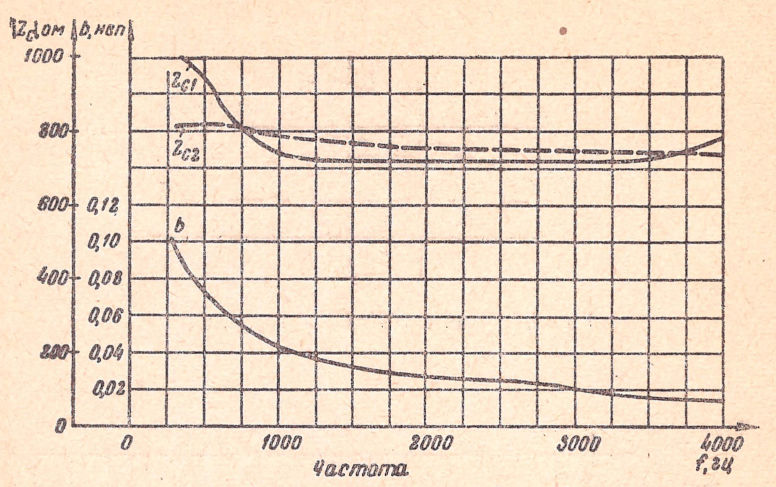


Рис. 3.4. Частотные характеристики b, Z_{c1} и Z_{c2} (к рис. 3.3)

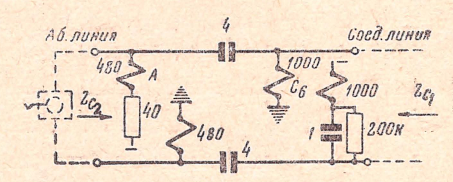


Рис. 3.5. Схема *ЛИ* АТС-54 (ДШС)

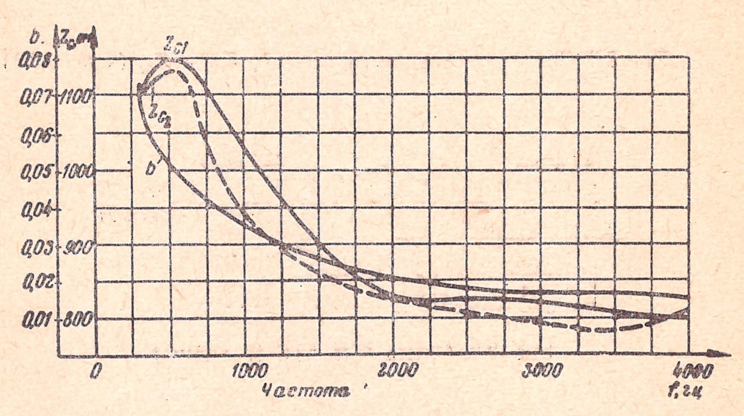


Рис. 3.6. Частотные характеристики b, Z_{c1} и Z_{c2} (к рис. 3.5)

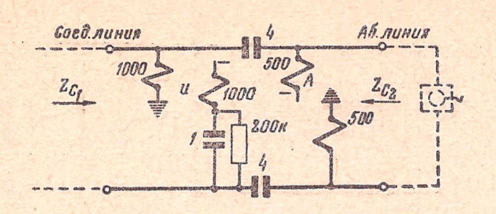


Рис. 3.7. Схема *ЛИ* АТС-47 (АТС-47)

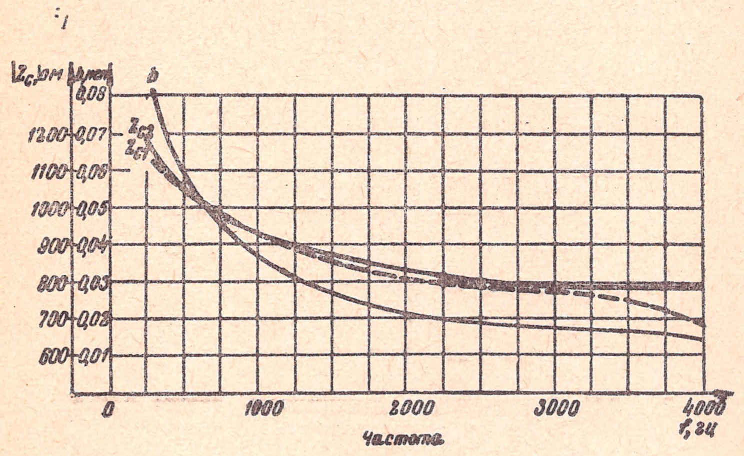


Рис. 3.8. Частотные характеристики b, Z_{c_1} и Z_{c_2} (к рис. 3.7)

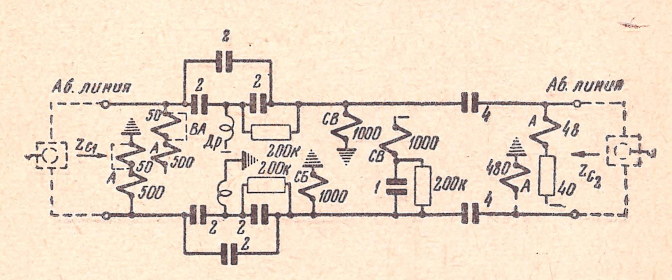


Рис. 3.9. Схема полного станционного тракта АТС-54 (ДШС) без термических катушек

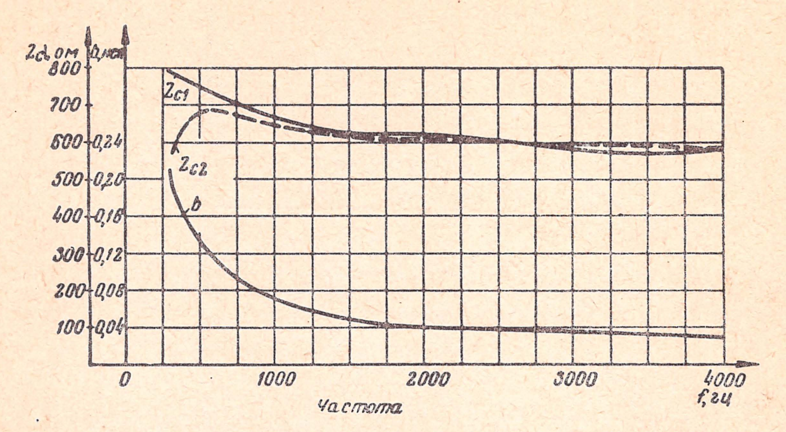


Рис. 3.10. Частотные характеристики b, Z_{c_1} и Z_{c_2} (к рис. 3.9)

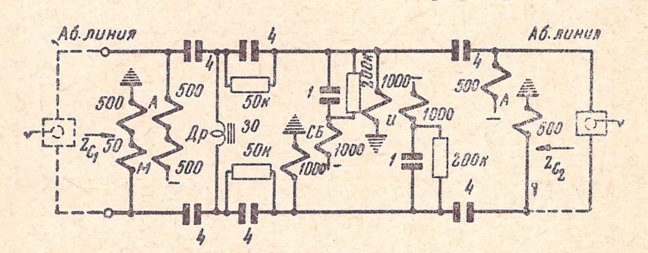


Рис. 3.11. Схема полного станционного тракта АТС-47 (ДШС) без термических катушек

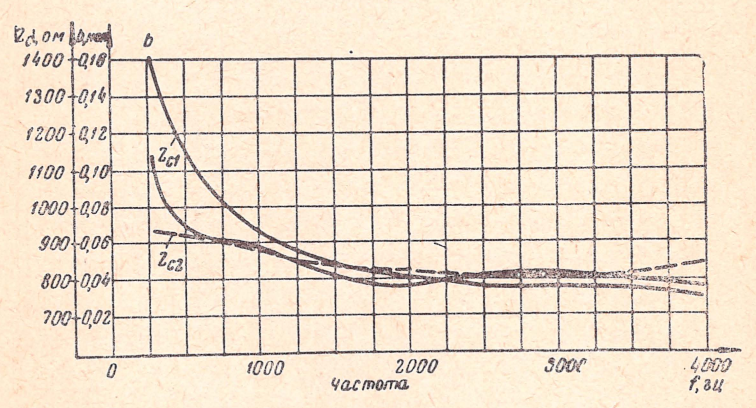


Рис. 3.12. Частотные характеристики b, Z_{c_1} и Z_{c_2} (к рис. 3.11)

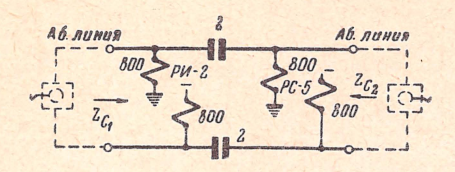


Рис. 3.13. Схема полного станционного тракта АТС машинной системы без термических катушек

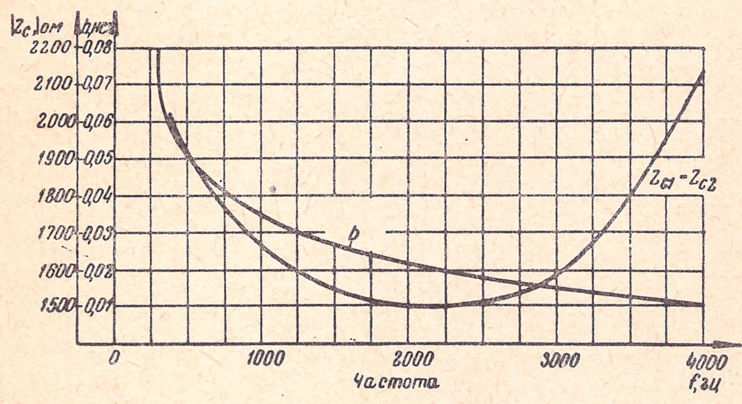


Рис. 3.14. Частотные характеристики b, Z_{c_1} и Z_{c_2} (к рис. 3.13)

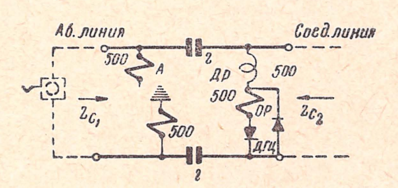


Рис. 3.15. Схема *ИВ* подстанции на 100 №№ (ДШС)

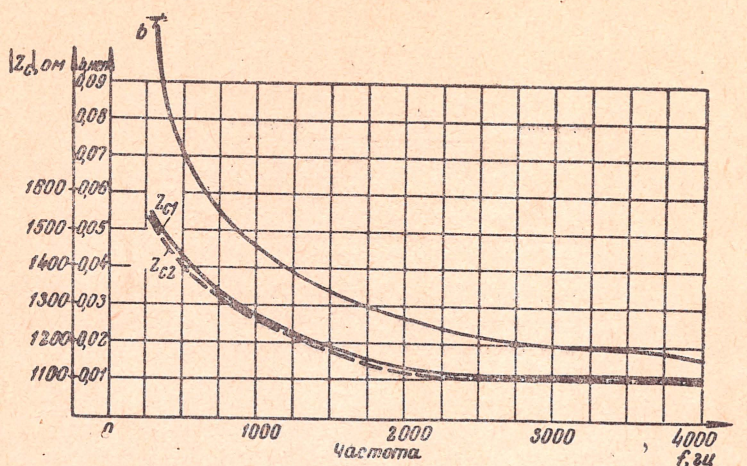


Рис. 3.16. Частотные характеристики b, Z_{c_1} и Z_{c_2} (к рис. 3.15)

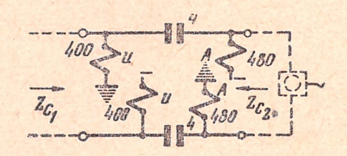


Рис. 3.17. Схема *ЛИ* подстанции на 100 №№ (ДШС)

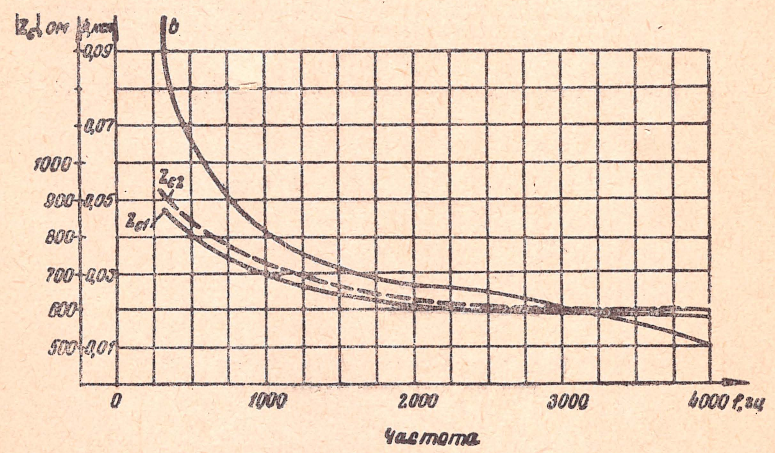


Рис. 3.18. Частотные характеристики b, Z_{c_1} и Z_{c_2} (к рис. 3.17)

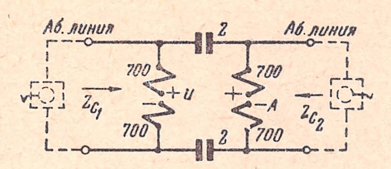


Рис. 3.19. Схема станционного комплекта сельской релейной АТС на 20 №№

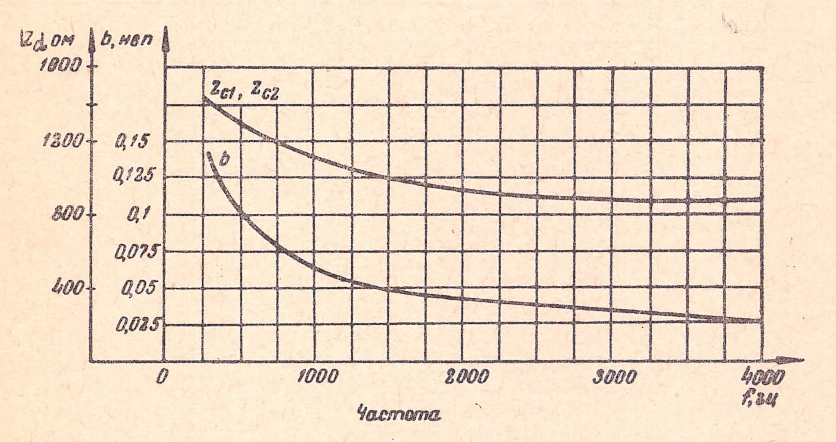


Рис. 3.20. Частотные характеристики b, Z_{c_1} и Z_{c_2} (к рис. 3.19)

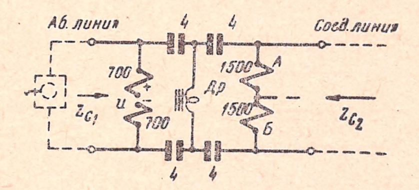


Рис. 3.21. Схема исходящего и входящего сообщений связи с РТС сельской релейной АТС на 20 №№ (гальваническая передача сигналов управления)

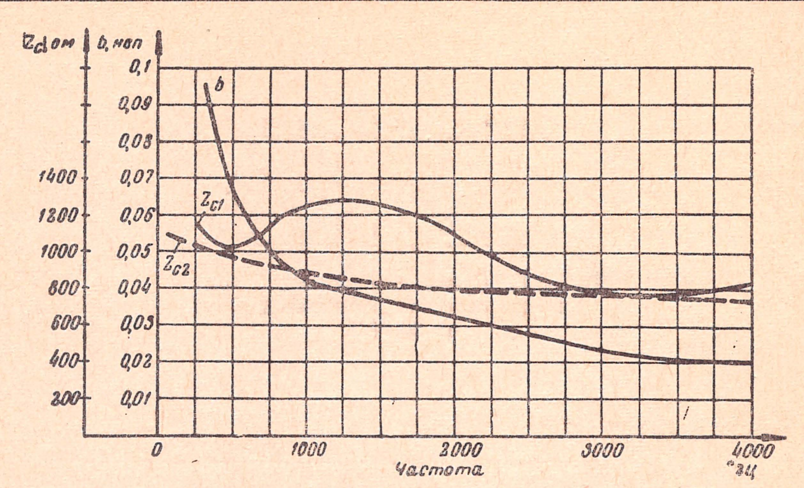


Рис. 3.22. Частотные характеристики b, Z_{c_1} и Z_{c_2} (к рис. 3.21)

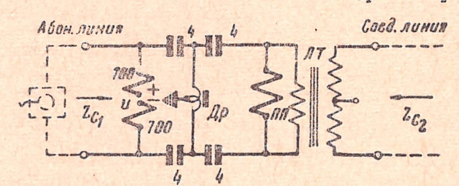


Рис. 3.23. Схема исходящего и входящего сообщений с АТС и РТС (ЦБ) сельской релейной АТС на 20 №№ (индуктивная передача сигналов управления)

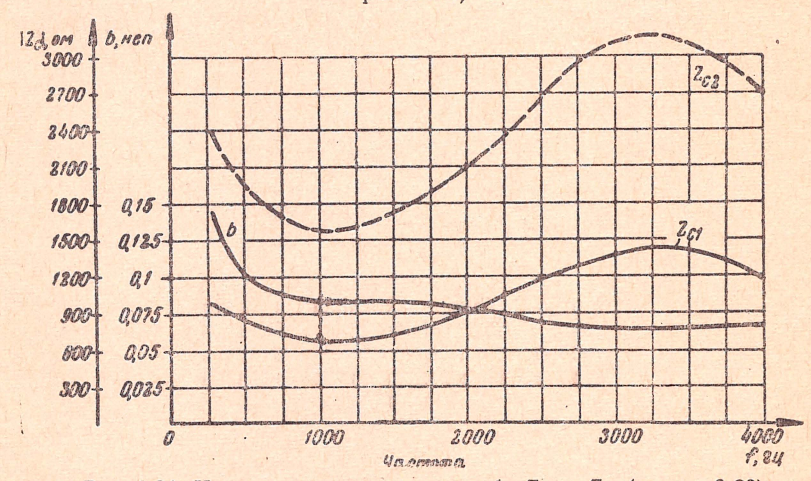


Рис. 3.24. Частотные характеристики b, Z_{c_1} и Z_{c_2} (к рис. 3.23)

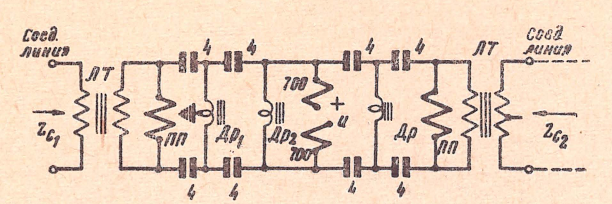


Рис. 3.25. Схема транзитного сообщения сельской релейной АТС на 40 №№ (индуктивная передача сигналов управления)

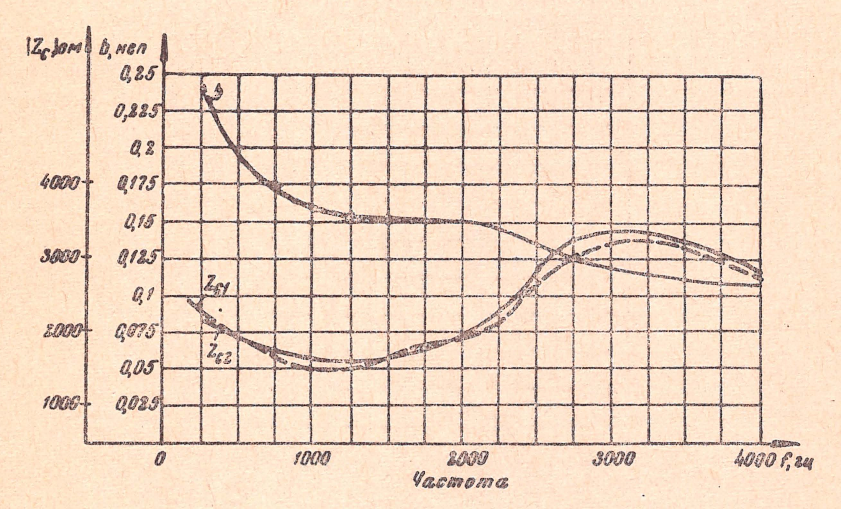


Рис. 3.26. Частотные характеристики b, Z_{c_1} и Z_{c_2} (к рис. 3.25)

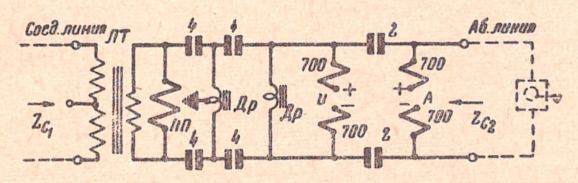


Рис. 3.27. Схема входящего сообщения при связи с АТС и РТС ЦБ сельской релейной АТС на 40 №№ (индуктивная передача сигналов управления)

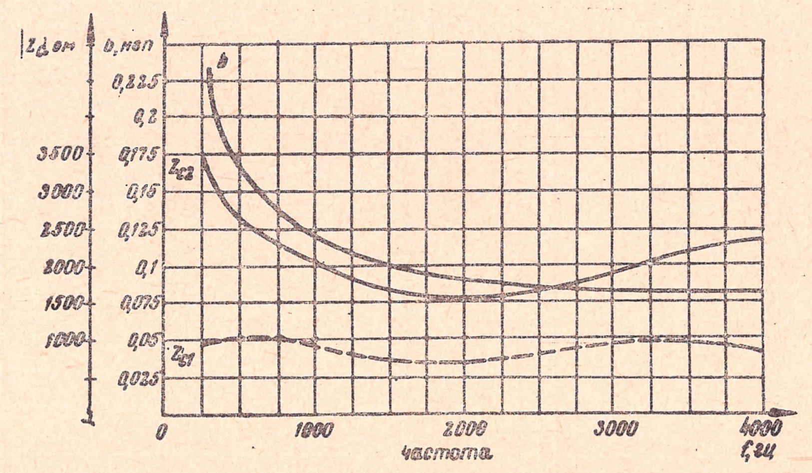


Рис. 3.28. Частотные характеристики b, Z_{c_1} и Z_{c_2} (к рис. 3.27)

Глава 4

ШУМЫ В ТЕЛЕФОННОМ ТРАКТЕ

4.1. Предварительные данные

Качество телефонной связи в большой мере определяется наличием акустических и электрических шумов в разговорном тракте.

Под акустическим шумом имеется в виду шум помещения, где установлен телефонный аппарат.

Под электрическим шумом понимается шум, вызываемый посторонними токами, поступающими в аппарат через линию или возникающими в самом аппарате.

Электрические шумы в телефонных трактах могут вызываться:

1) станционным оборудованием (станционные шумы);
2) высоковольтными линиями электрифицированных железных дорог (линейные шумы);
3) угольным микрофоном аппарата, а при наличии усиления — усилителями (аппаратные шумы);
4) переходными разговорами.

Наибольшее значение имеют шумы, вызванные источниками (*1*) и (*2*). Шумом источника (*3*) обычно пренебрегают ввиду его малости. Шум источника *(4)* имеет значение как максирующий фактор главным образом при отсутствии других шумов.

Как показали многочисленные измерения на городской телефонной кабельной сети, напряжение помех в абонентских и соединительных линиях, отключённых в кроссе станции и не подверженных влиянию высоковольтных линий, составляет весьма небольшую величину — порядка 0,2 *мв* [Л26, Л28].

Станционные шумы составляют гораздо бóльшую величину, и поэтому в линиях, включённых через станционный кросс в аппаратуру АТС, напряжение шумов достигает порядка 1 *мв*.

Следовательно, источником помех на кабельной линии ГТС является станционное оборудование. В эксплуатации замечено, что наибольшие напряжения шумов в разговорном тракте соответствуют станциям с декадно-шаговыми искателями. На станциях с искателями машинной системы эти шумы значительно меньше.

Шумы АТС могут быть классифицированы на постоянно действующие (фоновые) и кратковременно действующие (щелчки).

Постоянно действующие шумы возникают вне данного тракта от большого числа одновременно пульсирующих электромагнитов, а также от несовершенства фильтрации гармоник выпрямленного тока при буферном питании станции и проникают в тракт через питающий мостик.

Кратковременно действующие шумы (щелчки, трески) возникают в самом тракте вследствие кратковременных резких возрастаний сопротивления в контактах искателей и в результате изломов гибких шнуров. Последнее имеет место в системе АТС с декадно-шаговыми искателями, так как их щётки соединены с токораспределителями гибким шнуром.

Необходимо отметить, что оценка импульсных шумов (щелчков и тресков) не может быть произведена псофометром.

По определению 4 ИК МККФ (ныне 12 ИК МККТТ) псофометр может измерять только постоянный шум. Для оценки импульсных шумов он не пригоден [Л24].

Учитывая раздражающее действие щелчков на психику абонентов, МККТТ считает, что эти щелчки и трески должны по возможности устраняться в местах их возникновения.

Ввиду того, что в настоящее время нет сколько-нибудь удовлетворительной методики для оценки величины субъективного мешающего эффекта одиночных импульсов или серий кратких импульсов, следующих один за другим, МККТТ выдвигает вопрос о разработке методики и прибора для их оценки. Подобный прибор описан в литературе [Л25].

На телефонных сетях, подверженных влиянию электрифицированных железных дорог, станционными шумами можно часто пренебречь ввиду значительно больших помех от высоковольтных линий.

Исследования по методу мнений [Л29] показали, что шумы, наводимые на тракты связи железными дорогами, действующими на постоянном (*а*) или переменном (*б*) токе, по своему мешающему эффекту близки к шуму белого спектра. Мешающий эффект в случае (*а*) несколько сильнее, чем в случае (*б*).

На воздушных линиях связи, проложенных на общих опорах с цепями вещания и телеграфа, имеются помехи в виде переходных токов с этих цепей. Данные о станционных, линейных, акустических и аппаратных шумах в городских и сельских разговорных трактах приводятся ниже.

4.2. Станционные шумы

Напряжение постоянно действующих шумов в тракте оценивается в псофометрических милливольтах и обозначается $U_{пс}$.

Кратковременно действующие шумы (щелчки, трески) ввиду

отсутствия совершенного метода измерений оцениваются косвенным способом. Он состоит в следующем: отсчитывается число щелчков в минуту n и амплитуда броска стрелки индикатора α°.

Величина α выражается в условных единицах, например, в градусах шкалы. Значения $U_{пс}$ и α° сильно зависят от типа станции (АТС), ёмкости её, величины нагрузки, времени суток.

Значения $U_{пс}$, α° и n в часы наибольшей нагрузки некоторых АТС приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Станционные шумы в разговорных трактах

№№ пп.	Наименование АТС	$U_{пс}$ *мв*	α усл. ед.	n *в мин*
1	АТС типа 26/29 (ДШС) фирмы Сименс	0,7—0,9	до 35	4—9
2	АТС-47 (ДШС) завода «Красная заря»	0,4—0,6	до 20	4—9
3	АТС машинной системы завода «Красная заря»	0,3—0,4	до 5	2—5
4	АТС ДШС фирмы Строуджер (Токио, Япония)	0,62	—	—
5	АТС ДШС фирмы Сименс (Осака, Япония)	0,44	—	—
6	Релейная АТС сельского типа на 20 №№ завода им. Белоянниса	0,14—0,25	до 5	1,5
7	Релейная АТС сельского типа на 40 №№ завода «Красная заря»	0,075—0,20	0	
8	АТС ДШС на 100 №№ сельского типа	0,4—0,7	до 5	13

Примечание. α° — амплитуда, отсчитанная на шкале псофометра в градусах шкалы; n — число импульсных бросков стрелки того же псофометра в 1 минуту.

Зависимость $U_{пс}$ и n при $\alpha > 2$ усл. ед. от времени суток для АТС типа 26/29 показана на рис. 4.1. Из этого рисунка видно, что наибольшее число толчков наблюдается с 11 до 13 час. и с 15 до 19 час. в чнн. Наименьшее число толчков — с 23 до 9 час. Напряжение постоянно действующего шума достигает максимального значения с 9 до 18 час. и минимального значения — с 22 час. до утра. Кривые $U_{пс}$ и n приблизительно подобны.

Спектральная характеристика постоянно действующего и импульсного шумов показана на рис. 4.2. Характеристика постоянно действующего шума измерена с помощью комплекта терциальных фильтров непосредственно на АТС. Характеристика

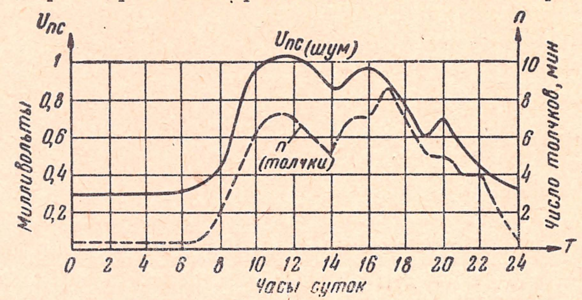


Рис. 4.1. Зависимость псофометрического напряжения постоянно действующего шума и числа импульсных толчков в тракте АТС ДШС 26/29 фирмы Сименс от времени суток

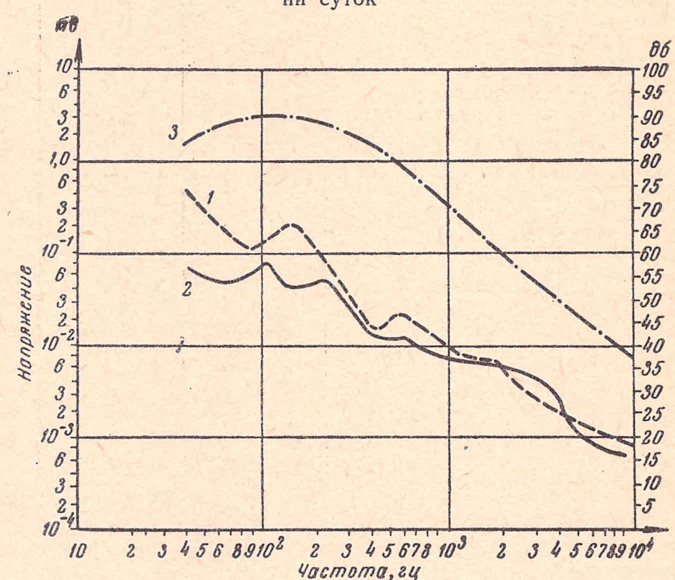


Рис. 4.2. Спектральный состав станционных шумов в разговорных трактах:

1 — постоянно действующий шум одной из АТС-47 (ДШС); *2* — постоянно действующий шум одной из АТС машинной системы; *3* — щелчок АТС-47 (ДШС)

импульсного шума получена путём записи щелчка на магнитную плёнку с последующим измерением на тех же фильтрах. Предварительно из этой плёнки была склеена бесконечная лента. Как видно из рис. 4.2, все три спектральные кривые имеют падающий характер и приблизительно подобны.

Необходимо отметить, что напряжение постоянно действующих шумов U_{nc} в разговорном тракте зависит главным образом от величины индуктивности питающих реле, через которые станционные шумы попадают в тракт.

Ориентировочно можно считать, что напряжение шума на зажимах аппарата, включённого в кроссе АТС-47 в $10 \div 13$ раз меньше, чем на шинах питания в автозале.

По маскирующему действию электрический шум АТС, введённый в разговорный тракт, приблизительно равноценен белому шуму. Это подтверждается результатами измерения артикуляции, представленными в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Зависимость слоговой разборчивости от затухания тракта

Затухание тракта *неп*	Шум белого спектра $U_{nc} = 1$ *мв*	Шум АТС $U_{nc} = 1$ *мв*	Разница $\Delta S\%$
	Слоговая артикуляция		
2,25	86	87	1
3,25	72	74	2
4,00	56	60	4

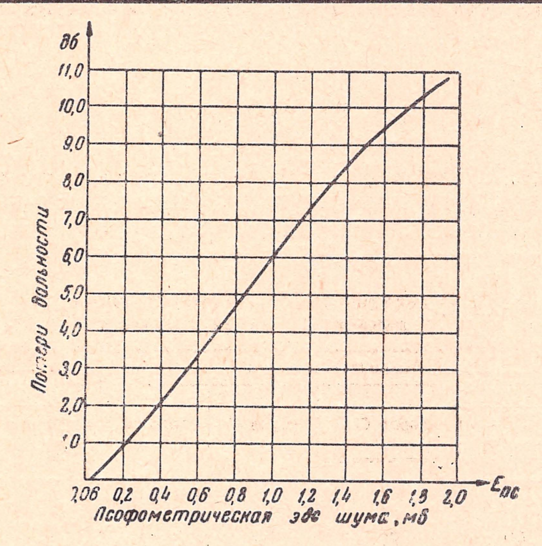


Рис. 4.3. Зависимость потерь дальности от псофометрической величины эдс электрических помех на зажимах линии по данным измерений 4 ИК МККФ (документ № 27, 1956 г.)

Влияние электрического (станционного) шума на качество передачи в телефонном тракте показано на рис. 4.3 и 4.4. Из этих рисунков видно, что даже при относительно небольшом

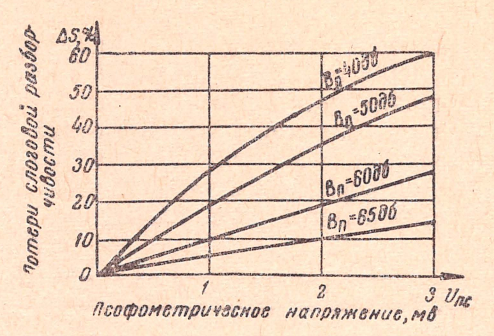


Рис. 4.4. Зависимость потерь слоговой разборчивости от псофометрического напряжения электрических помех на зажимах телефонного аппарата. Шум в помещении имеет спектр Хота (расчётные кривые)

шуме $U_{пс}=1$[1]) *мв* на АТС или 0,6 *мв* на аппарате при затухании абонентской линии, равном 0,5 *неп*, потери эквивалентной дальности составляют 7,2 *дб*, а потери слоговой артикуляции 11%.

4.3. Линейные шумы

В кабельной сети при отсутствии наводок от высоковольтных линий псофометрические напряжения электрических шумов (помех) имеют значения, указанные в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Псофометрические напряжения шума в кабельных линиях городской телефонной сети

$U_{псоф}$ мв	Абонентские линии				Соединительные линии	
	город Н	город С	город Т	город О	город Н	город С
	Проценты					
От 0 до 0,2	89	82	87	93	64	73
От 0 до 0,3	92	86	91	95	87	91

[1]) Соответственно эдс 2 и 1,2 *мв*.

Кумулятивное распределение псофометрических напряжений шумов на сетях АТС некоторых городов представлено на рис. 4.5*а,* а для сельской телефонной связи (СТС) — на рис. 4.5*б.*

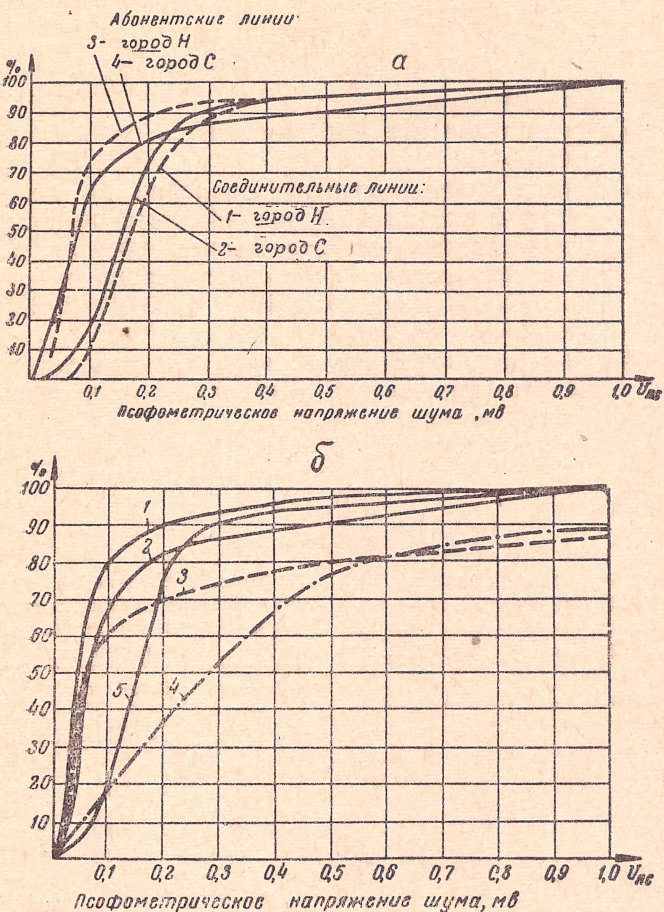


Рис. 4.5. Кумулятивное распределение псофометрических напряжений шумов:

а — на сети АТС; *1—Н* — соединительные линии; *2—С* — соединительные линии; *3— Н* — абонентские линии; *4—С* — абонентские линии; *б* — на сельской сети (СТС) одного из районов С-ской области; *1* — СТС района — абонентские кабельные линии; *2—С* — абонентские кабельние линии; *3*—СТС района — абонентские воздушные линии; *4* — СТС района — соединительные воздушные линии; *5* — *С* — соединительные кабельные линии

По данным [Л30] ухудшение качества передачи, выраженное в уменьшении затухания тракта от действия шумов, объединённых здесь для удобства в группу *А* (1—7), показано в табл. 4.4 и 4.5.

Шумы группы А (1—7)

1. Белый шум без ограничения полосы частот.
2. Белый шум, ограниченный в частотном диапазоне от 300 до 3400 *гц*.
3. Шум радиорелейных линий.
4. Шум 60-канальной системы вч в симметричных кабельных парах.
5. Шум 12-канальной системы вч в симметричных кабельных парах.
6. Шум в линиях связи из-за влияния на них электрических линий питания шестифазного выпрямителя, в которые проникают переменные составляющие из этого выпрямителя (частота переменных составляющих: 250, 350, 550, 650, 1050, 1350, 1950, 2050, 2150, 2350, 2250 и 3050 *гц*).
7. Шум, возникающий в линии связи вследствие влияния гармоник выпрямленного тока с частотами 300, 600, 900 *гц* и т. д.

Шум (7) меньше снижает качество связи, чем шум, создаваемый электрической линией, питающей выпрямитель (сравните табл. 4.4 и 4.5).

Таблица 4.4

Снижение качества передачи от действия шума (1— 6)

Уровень шума *дбм*	Псофометрическая эдс *мв*	Ухудшение *дб*
—88	0,06	0
—83	0,11	0,3
—78	0,19	0,7
—73	0,34	1,7
—68	0,61	3,6
—63	1,10	6,8
—58	1,95	10,7

Примечание. *дбм* — уровень в децибелах по отношению к 1 *мвт*.

Таблица 4.5

Снижение качества передачи от действия шума(7), наводимого гармониками выпрямленного тока на линии связи

Уровень шума *дбм*	Псофометрическая эдс *мв*	Ухудшение *дб*
—80	0,16	0
—75	0,28	0,3
—70	0,49	0,7
—65	0,87	1,7
—60	1,55	3,6
—55	2,80	6,8

Оценка качества тракта при введении в него линейного шума, произведённая в различных странах по методу мнений, показала достаточно близко совпадающие результаты.

Для примера на рис. 4.6 приведён результат измерений итальянской Администрации связи [Л30], на котором показана зависимость средней оценки *y* в баллах от затухания *A* при

различных уровнях шума N, спектр которого близок к белому. Затухание A представляет собой частотнонезависимое затухание, включённое между двумя местными системами. Общее затухание между двумя абонентскими аппаратами приблизительно на 1 *неп* больше величины затухания A.

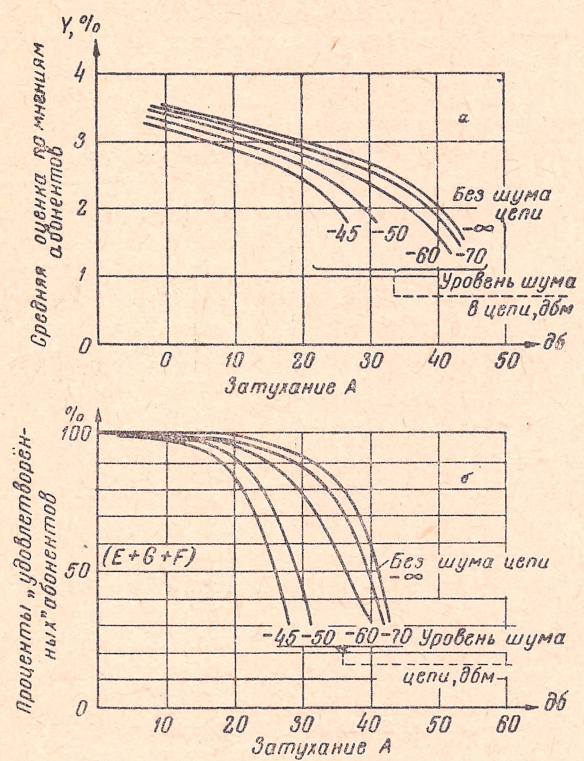


Рис. 4.6. Зависимость средней оценки качества передачи по мнению абонентов от затухания A при различных уровнях шума N, спектр которого близок к белому. По данным итальянской Администрации связи [Л30]:

A — частотнонезависимое затухание между двумя местными системами; *а* — средняя оценка в функции затухания; *б* — процент удовлетворённых абонентов $(E+G+F)$ в функции затухания

Оценки в баллах (y) соответствуют качеству:

4 или E — превосходная цепь; полное отсутствие напряжённости при разговоре;

3 или G — хорошая цепь; следует приложить внимание, но не требуется никаких заметных усилий;

2 или F — довольно хорошая цепь (удовлетворительно); требуется умеренное, но не излишнее напряжение;

1 или P — плохая цепь; разговор возможен только с большими трудностями при передаче редко встречающихся слов;

0 или B — очень плохая цепь; разговор возможен только с очень большими трудностями.

Величина эдс шума, указанная в табл. 4.4 и 4.5, относится к зажимам станции, в которую включена местная система.

Ухудшение в децибелах выражено по отношению к случаю, когда в цепи нет электрического шума.

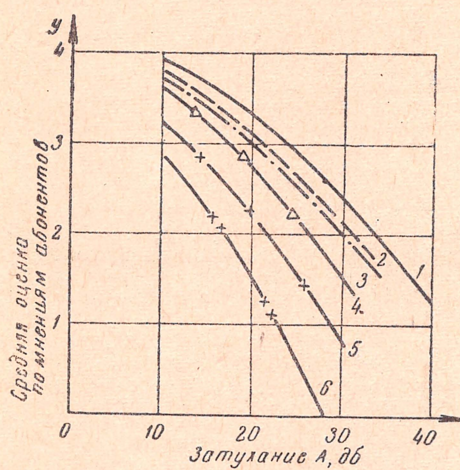


Рис. 4.7. Зависимость средней оценки качества передачи, по мнению абонентов, от затухания A при различных уровнях шума N белого спектра; по данным НИИТС [Л29]:

1 — без шума цепи; *2* — $N = -65$ *дбм*, $E = 0{,}8$ *мв*; *3* — $N = -58$ *дбм*, $E = 1{,}95$ *мв*; *4* — $N = -51$ *дбм*, $E = 4{,}6$ *мв*; *5* — $N = -44$ *дбм*, $E = 10{,}4$ *мв*; *6* — $N = -37$ *дбм*, $E = 22$ *мв*

Из рассмотрения рис. 4.6 видно, что для обеспечения одной и той же оценки (y) при наличии шума и без него нужно соответственно уменьшить затухание A.

Если считать, что количество всех удовлетворительных оценок $(E+G+F)$ должно составлять, например, 90% при $A=25$ *дб*, то нельзя допускать эдс шума цепи на зажимах станции свыше $N=-60$ *дбм* (см. рис. 4.6*б*). При $N=-60$ *дбм* и $A=25$ *дб* получим $y=2{,}6$ *балла* (см. рис. 4.6*а*), что соответствует промежуточной оценке между «хорошая цепь» и «довольно хорошая» цепь. В общепринятой у нас пятибалльной системе это означает промежуточную оценку между «хорошо» и «удовлетворительно».

На рис. 4.7 показано семейство кривых оценок качества передачи по методу мнений, полученных в НИИТС [Л29] для шумов белого спектра, введённых в тракт, аналогично предыдущему случаю. Сравнивая рис. 4.7 с рис. 4.6, можно отметить достаточно близкое совпадение результатов. Имеющиеся расхождения объясняются главным образом различными телефонными аппаратами в местных системах.

На рис. 4.8 и 4.9 показаны аналогичные кривые [Л29], но в случаях помех, создаваемых линиями электрифицированных железных дорог, действующих на постоянном (рис. 4.8) и переменном токе (рис. 4.9).

В заключение отметим, что шум, воспроизводимый телефоном в ухе абонента, отличается по своему спектральному со-

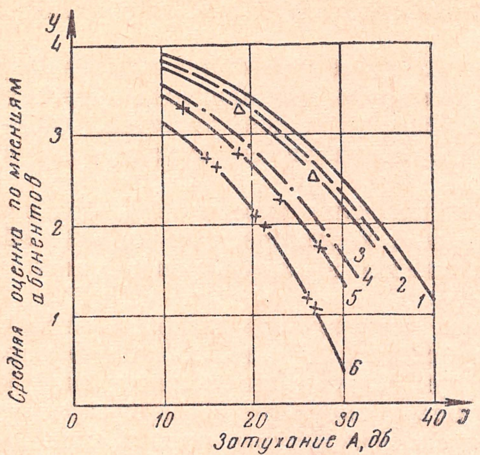


Рис. 4.8. Зависимость средней оценки качества передачи, по мнению абонентов, от затухания *А*, при различных уровнях шума, наводимого электрифицированными железными дорогами, действующими на постоянном токе:

1 — без шума цепи; *2*—*N* = —65 *дбм*, *Е*=0,8 *мв*; *3*—*N* = —58 *дбм*, *Е* = 1,95 *мв*; *4*— *N* = —51 *дбм*, *Е* = 4,6 *мв*; *5*— *N* = —44 *дбм*, *Е* = 10,4 *мв*; *6*—*N* = —37 *дбм*, *Е* = 22 *мв*

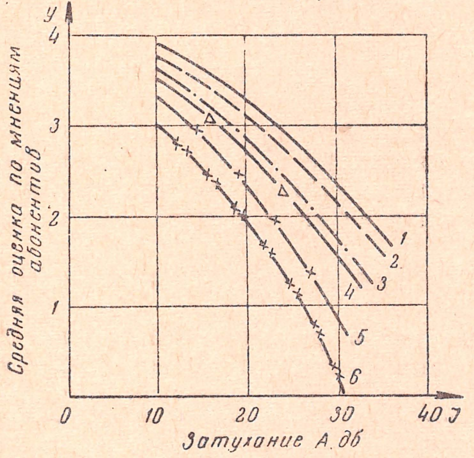


Рис. 4.9. Зависимость средней оценки качества передачи по мнению абонентов, от затуханий *А* при различных уровнях шума, наводимого электрифицированными железными дорогами, действующими на переменном токе:

1 — без шума цепи; *2*—*N* = —65 *дбм*, *Е* = 0,8 *мв*; *3*— *N* = —58 *дбм*, *Е* = 1,95 *мв*; *4*— *N* = —51 *дбм*, *Е* = 4,6 *мв*; *5*—*N* = —44 *дбм*, *Е* = 10,4 *мв*; *6*— *N* = —37 *дбм*, *Е* = 22 *мв*

ставу от шума, поступающего в линию с АТС или с участка наводки от линий сильного тока. Это объясняется следующими причинами.

1. Частотная характеристика затухания телефонного аппарата на приём далеко не прямолинейна и вносит значительные искажения, особенно на нижних частотах (300 ÷ 450 *гц*).

2. Кабельная линия вносит значительные частотные искажения.

3. Телефон (капсюль) вносит очень большие искажения в случае резонансной характеристики (до 35 *дб*) и достаточно ощутимые искажения в случае равномерной характеристики (8 ÷ 12 *дб*).

Поэтому при исследовании влияния различных по своему спектральному составу шумов необходимо определить их характеристику при нагрузке телефона на искусственное ухо.

Следует иметь в виду, что на слух абонента одновременно действуют: акустические шумы, проникающие по каналу местного эффекта и через щель между ухом и телефоном; электрические шумы, поступившие на зажимы аппарата независимо от причин их возникновения; собственные шумы угольного микрофона или усилителей. Составляющие этих шумов в сумме дают результирующий шум, вызывающий маскирующее действие слуха.

4.4. Аппаратные шумы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Под аппаратными шумами имеются в виду собственные шумы угольного микрофона и шумы, создаваемые усилителями передачи или приёма. По своему спектральному составу эти шумы близки к шуму белого спектра.

СОБСТВЕННЫЕ ШУМЫ УГОЛЬНОГО МИКРОФОНА

Собственные шумы угольного микрофона оцениваются величиной псофометрического напряжения $U_{пс}$, которая зависит от тока, протекающего через микрофон. Для высокоомных микрофонов она значительно выше, чем для низкоомных.

Зависимость псофометрической и эффективной эдс собственного шума угольного микрофона типа МК-10 от протекающего через него тока показана на рис. 4.10. Все кривые построены по средним значениям, полученным для 20 низкоомных и 20 высокоомных микрофонов, измеренных по нескольку раз [Л19].

Пределы крайних разбросов эдс шума даны в табл. 4.6.

Из рис. 4.10 видно, что крутизна кривой $E = \varphi\ (J)$ значительно больше на участке 0 ÷ 2 *ма*, чем на участке 5 ÷ 80 *ма*.

Это подтверждает выгодность использования области малых токов питания микрофона.

Таблица 4.6

Пределы крайних разбросов эдс шума угольных микрофонов МК-10

Ток *ма*	Низкоомный		Высокоомный	
	псофометрическая эдс	эффективная эдс	псофометрическая эдс	эффективная эдс
	Микровольты			
1	3—12	26—45	5—60	30—170
2	15—14	40—125	18—105	50—250
5	40—70	75—185	50—140	100—310
10	60—92	110—240	75—175	150—400
20	90—125	175—305	105—240	260—575
30	110—146	230—415	160—260	350—675
40	125—165	290—500	190—325	420—775
55	135—190	350—620	250—400	600—910

Примечание. Величина эдс микрофонного шума приведена к сопротивлению $R_g = 600$ *ом*.

Псофометрическая эдс шума микрофона приблизительно в $2 \div 2,5$ раза меньше эффективного значения эдс (по средним значениям).

Значения эдс собственного шума угольного микрофона на зажимах некоторых телефонных аппаратов приведены в табл. 4.7.

Величина напряжения $U_{пс}$ на зажимах аппарата составляет приблизительно $0,5\ E_{пс}$.

Мешающее действие собственных шумов угольного микрофона невелико.

Даже при наличии второго шума, поступающего от АТС или с междугородной цепи, напряжение результирующего шума на зажимах телефонного аппарата не превысит 1 *мв*. Это видно из следующего примера.

Считая, что напряжение шума в кроссе АТС ДШС в чнн достигает 0,8 *мв*, напряжение на зажимах аппарата U_1 с учётом затухания абонентской линии, равного 0,3 *неп*, составит

$$U_1 = 0,8 \cdot e^{-0,3} = 0,59 \ мв.$$

Эдс ($E_{пс}$) собственного шума угольного микрофона на зажимах телефонного аппарата

Тип аппарата	Тип микрофона	Ток в микрофоне *ма*	Сопротивление микрофона	Псофометрическая эдс *мв*	
				усреднённое значение	наибольшее значение
БАГТА-50	МК-10 (ВО)	15—20	200	350	400
»	»	30—40	200	500	800
Белл-500 C/D	Белл-500	50	60	160	—
		2,5	200	130	—
Мод-36 (фирмы Сименс)	32А	40	200	250	—

Примечание. Эдс $E_{пс}$ измерена при замене телефонного капсюля эквивалентным сопротивлением.

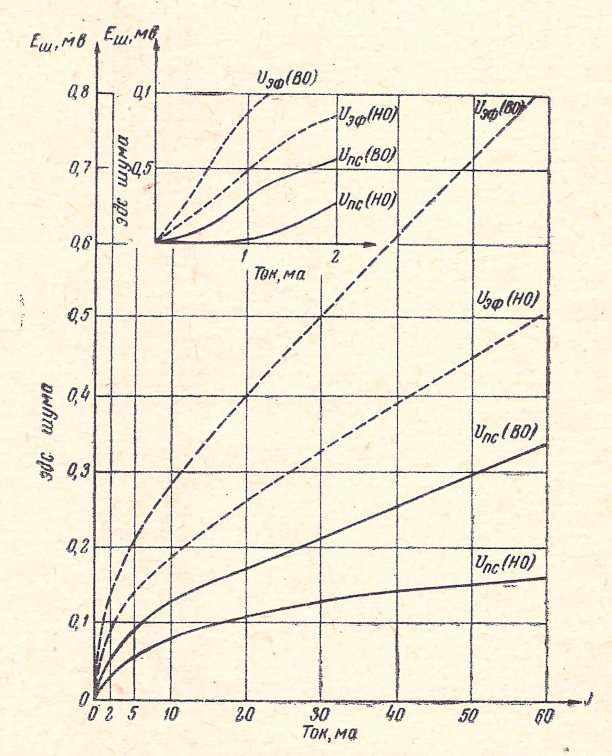


Рис. 4.10. Зависимость псофометрической и эффективной эдс собственного шума угольных микрофонов МК-10 от тока питания;
НО — низкоомный микрофон; *ВО* — высокоомный микрофон

Результирующее напряжение шума на зажимах аппарата $U_{рез}$ от сложения собственных шумов аппарата $U_0=0{,}4$ *мв* и шумов, поступающих с АТС, $U_1=0{,}59$ *мв,* равно

$$U=\sqrt{0{,}4^2+0{,}59^2}=0{,}71 \text{ мв.}$$

На аппаратах других типов, например Белл-500, напряжение собственных шумов угольного микрофона не превышает 0,125 *пс.мв* и поэтому на величину результирующего шума практически не повлияет, даже если U_1 будет равно 1,0 *мв*

$$U_{рез}=\sqrt{0{,}125^2+1\cdot 0^2}=1{,}01 \text{ пс.мв.}$$

Разница между $U_{рез}$ и U_1 за счёт действия собственного шума угольного микрофона оказалась равной 0,01 *мв.* С такой величиной можно не считаться: она находится в пределах точности измерений.

Мешающее действие собственного шума угольного микрофона сказывается только на качестве своего приёма. Качества передачи ко второму абоненту этот шум не ухудшает, так как уровень его намного ниже уровня полезного сигнала.

Для телефонного тракта с затуханием 3,5 *неп* потери слоговой **разборчивости** $\Delta S\%$ от микрофонных шумов с $E=1$ *пс.мв* на зажимах аппарата составляют:

N ак дб	3	40	50	60
ΔS %	7	6	4,5	0

Отсюда видно, что действие собственного шума угольного микрофона проявляется только в очень тихих помещениях, при больших затуханиях разговорного тракта и почти полном отсутствии шумов на линии. При обычных условиях телефонной связи он почти не мешает.

Необходимо иметь в виду, что абонентским угольным микрофоном свойствены малые шумы только в помещениях с нормальной относительной влажностью порядка $65 \div 70\%$. В условиях относительной влажности свыше 90% они работают ненадёжно из-за резкого возрастания шумов.

СОБСТВЕННЫЕ ШУМЫ УСИЛИТЕЛЕЙ ПЕРЕДАЧИ И ПРИЁМА

Собственный шум усилителей передачи и приёма в телефонных аппаратах объясняется наличием в них полупроводниковых триодов. Последние являются источниками флуктуационных шумов.

В ряде случаев, особенно при попытках применения в абонентских телефонных аппаратах полупроводниковых усилителей пе-

редачи или приёма, содержащих свыше двух-трёх триодов, напряжение шумов достигает 10÷15 *мв* и потери от маскирующего действия шума превышают эффект от полученного усиления.

Для достижения требуемого усиления порядка 1,5 *неп* на приём и до 0,7 *неп* на передачу вполне достаточно одного-двух триодов в усилителе передачи и одного триода в усилителе приёма. При этом собственные шумы аппарата не превышают терпимых пределов (с учётом повышенного уровня передачи на соответствующую величину усиления)[1]).

Данные о собственных шумах некоторых телефонных аппаратов с полупроводниковыми усилителями приведены в табл. 4.8.

Следует отметить, что бо́льшее напряжение шумов у аппаратов с усилителями, чем у обычных аппаратов, объясняется не только наличием полупроводниковых триодов, но ещё и более высоким уровнем передачи.

Таблица 4.8

Напряжение собственного шума $U_{пс}$ полупроводниковых усилителей передачи и приёма на зажимах телефонного аппарата

Тип аппарата	Тип микрофона	Ток микрофона *ма*	Число триодов в усилителях передачи	Число триодов в усилителе приёма	Ток питания усилителя *ма*	$U_{пс}$, *мв*
ЦБ-И-57	МК-10 (НО)	0,5	1	0	2,0	1,2
	ДЭМ-4М	0,0	1	0	2,0	1,0
ЦБ-И-58	МК-10 (НО)	0,5	1	1	3,0	1,5
АНМ-4	МК-59 (НО)	0,5	1	0	1,5	1,0
УКД-3	МК-10 (ВО)	20—50	2	1	20—50	3,5

Примечание. Напряжение $U_{пс}$ измерено при наиболее полной балансировке схемы.

Мешающее действие собственных шумов аппаратов за счёт усилителей проявляется, как и в предыдущем случае, только на своём приёме.

При оценке величины собственных шумов нужно учитывать, что в условиях, близких к самовозбуждению[2]) схемы, напряжение шумов резко возрастёт. Поэтому нужно избегать непосредственного измерения эдс или заменять телефон эквивалентным сопротивлением.

Гораздо удобнее измерять напряжение. При этом аппарат должен быть нагружен на эквивалент линии, обеспечивающий

[1]) Сопоставлять напряжения шумов нужно только с учётом уровней передачи, иначе сопоставление теряет всякий смысл.

[2]) Плохая балансировка, большая чувствительность в режиме передачи и приёма.

наиболее полную балансировку схемы. Величина эдс определяется путём удвоения величины напряжения.

4.5. Акустические шумы

В преобладающем большинстве случаев телефонные аппараты устанавливаются в квартирах абонентов, в учреждениях и в предприятиях.

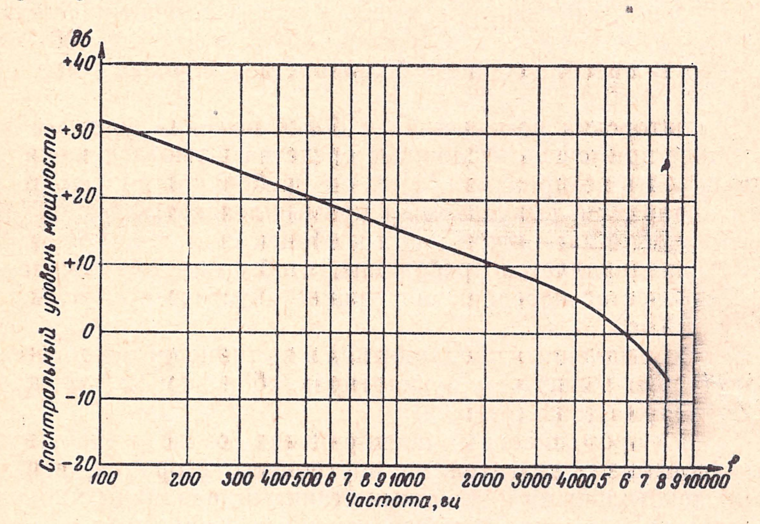


Рис. 4.11. Спектральная характеристика комнатного шума по Хоту [Л33]. Интегральный уровень 60 *дб*

Шум в квартирах абонентов вызывается главным образом разговором находящихся вблизи телефонного аппарата людей, перемещением каких-нибудь предметов, открыванием и закрыванием дверей и т. п.

По данным многочисленных измерений и исследований, выполненных Хотом [Л33], спектральная[1]) характеристика комнатного шума имеет падающий характер (рис. 4.11). Она принята МККТТ как типовая и рекомендуется для применения при оценках качества телефонной передачи.

Показанная на рис. 4.11 характеристика соответствует интегральному уровню $N_a = 60$ *дб*.

В квартирах индивидуальных абонентов относительно тихо и уровень шума в большинстве случаев не превышает $45 \div 50$ *дб*.

В квартирах коллективных абонентов телефонный аппарат

---

[1]) Понятия «спектральный» и «интегральный» уровни объясняются в начале книги.

обычно устанавливается в коридоре, вблизи кухни. Поэтому часто уровень окружающего шума в местах установки общеквартирных телефонных аппаратов бывает выше чем 50 *дб* и обычно достигает 55 ÷ 60 *дб*.

В неблагоприятных случаях уровень шума может достигать 70 *дб*. Однако такие случаи бывают относительно редко и поэтому при определении требований к абонентским телефонным аппаратам они не должны рассматриваться как решающие.

В учреждениях, особенно в конторах, где пользуются арифмометрами и счётами, и там, где в одном помещении находится значительное число людей, уровень шума составляет 60 ÷ 70 *дб*. Однако в преобладающем большинстве случаев можно считать $N_a = 60$ *дб*.

В конторских помещениях с более высоким уровнем шумов выгоднее применять несложные средства шумозаглушения, чем предъявлять неоправданно высокие требования ко всем телефонным аппаратам, выпускаемым промышленностью.

Поэтому в настоящее время к абонентским телефонным аппаратам предъявляется требование, чтобы они обеспечивали хорошее качество передачи при уровне акустического шума 60 *дб* спектра Хота.

В промышленных предприятиях и на транспорте уровень шума значительно выше, чем в квартирах абонентов и учреждениях. Спектр шума тоже отличен.

Шум в промышленных предприятиях создаётся действующим оборудованием: двигателями внутреннего сгорания, вентиляторами, текстильными и ткацкими станками, различными деревообделочными и металлообрабатывающими станками и пр. Некоторое представление об интенсивности шумов промышленных предприятий и транспорта даёт табл. 4.9.

Таблица 4.9

Суммарный уровень интенсивности шумов в различных производственных помещениях

№ пп.	Наименование помещения, оборудования	Расстояние до источника шума, *м*	Уровень, *дб*
1	Автоматный цех	—	98
2	Штамповочный цех	—	95
3	Кузница, воздуходувка	—	78
4	Большая кузница	—	95
5	Машинный зал. Турбины 3000 *квт*	—	100
6	Трансформаторное помещение	—	85
7	Котельный цех	—	100

№ пп.	Наименование помещения, оборудования	Расстояние до источника шума, *м*	Уровень, *дб*
8	Холодно-заклёпочный цех	—	95
9	Гвоздильный цех	—	96
10	Ткацкий цех текстильной фабрики	—	94
11	Лесопильный цех	—	98
12	Машинно-счётная станция	—	73
13	Сортировочная машина в цехе	2	80
14	Двигатель внутреннего сгорания, быстрый ход	3	85
15	Голтовочный барабан	2	95
16	Воздуходувка	3	80
17	У вентилятора	1	105
18	У мотора	1	93
19	Пневматический молоток	2,5	105
20	Сверлильный станок мощный	1,5	90
21	Плисовые станки (текстильные)	1,5	105
22	Ткацкие станки «Плат»	1,5	98
23	На паровозе	—	105
24	В вагоне железной дороги	—	80
25	В вагоне метро	—	80
26	На железнодорожной станции при подходе экспресса	—	110
27	На станции метро при подходе поезда	1,5	85
28	В тюбинге метро при движении поезда	—	90

Бо́льшая часть шумов, создаваемых транспортом, в котельных и машинных залах, вблизи ткацких и текстильных станков, имеет сплошной спектр, однако форма частотной характеристики различных шумов различна.

4.6. Результирующий шум, действующий на слух абонента

Попадая в телефон, электрические помехи воспроизводятся в виде шума, причём в процессе преобразования появляются искажения, зависящие от частоты. Характеристика воспроизведённого сигнала (шума) часто значительно отличается от характеристики сигнала на входе аппарата.

Поэтому, получив спектральное напряжение электрических помех на линейных зажимах телефонного аппарата $U_л = \varphi(f)$, нужно найти звуковое давление, развиваемое телефоном $P_T(f)$, и, выразив его в уровнях относительно $P_0 = 2.10^{-4}$ *бар*, определить спектральные уровни шума $B_{эл}$, действующего на ухо.

Шум за счёт местного эффекта и собственный шум в угольном микрофоне учитываются аналогично предыдущему случаю, с той лишь разницей, что источник помех находится не в линии, а перед микрофоном или в цепи микрофона.

Результирующий спектральный уровень шума $B'_ш$ вычисляется путём логарифмического суммирования спектрального уровня каждого шума, воздействующего на слух:

$$B'_ш = B_1 (+) B_2 (+) B_3 (+) B_{эл} \ldots \qquad (4.1)$$

$$B'_ш = 10 \lg \left(10^{0,1B_1} + 10^{0,1B_2} + 10^{0,1B_3} + 10^{0,1B_{эл}} \ldots\right), \qquad (4.2)$$

где B_1 — спектральный уровень шума, попадающего в тракт из помещения передачи через микрофон;

B_2 — спектральный уровень акустического шума, проникающего в ухо через щель между телефоном и ушной раковиной абонента из помещения приёма;

B_3 — спектральный уровень шума, проникающего в ухо через цепь местного эффекта из помещения приёма;

$B_{эл}$ — спектральный уровень шума электрических помех, поступающих с линии на зажимы аппарата.

В условиях абонентской связи составляющей B_1 можно пренебречь. Она должна учитываться при шуме в помещении передачи с интегральным уровнем выше 70 *дб*, например, при связи в шумных цехах предприятий.

Для абонентской связи характерны составляющие B_2, B_3 и $B_{эл}$:

$$B_2 = B_П - b_з, \qquad (4.3)$$

$$B_3 = B_П + S_{МТ} - b_{МЭ}, \qquad (4.4)$$

$$B_{эл} = 20 \lg \frac{U_e A_T}{2 \cdot 10^{-4} \sqrt{\Delta f}} \cdot \sqrt{\frac{|Z_T|}{|Z_л|}} - b_e, \qquad (4.5)$$

где $B_П$ — спектральный уровень шума в помещении приёма;

$b_з$ — величина заглушающего действия слуховой раковины телефона (*дб, неп*);

$S_{МТ}$ — микротелефонное усиление (*дб, неп*);

$b_{МЭ}$ — затухание местного эффекта (*дб, неп*);

U_e — напряжение электрических помех на входе согласованно нагруженной линии;

Δf — ширина полосы частот, в которой измерено напряжение U_e;

A_T — чувствительность телефона *(бар/в)*;

$|Z_T|$ и $|Z_л|$ — модули полных сопротивлений телефона и линии на данной частоте;

b_e — затухание приёмной части схемы.

Если вместо U_e измерить напряжение на телефоне U_T, то выражение (4.5) заменяется другим:

$$B_{эл} = 20 \lg \frac{U_T \cdot A_T}{2 \cdot 10^{-4} \sqrt{\Delta f}} . \qquad (4.6)$$

Вычислив по приведённым выше формулам результирующий спектральный уровень шума в ухе $B'_ш$ для ряда частот, строят спектральную характеристику $B'_ш = \varphi(f)$ в децибелах на герц.

Пользуясь этой характеристикой, можно легко определить маскирующее действие шума, а затем и разборчивость в телефонном тракте при различных условиях.

Не вдаваясь в подробности, приводим лишь схему расчёта маскировки M т. е. величины. показывающей, на сколько децибелов или неперов ухо человека слышит хуже из-за мешающего действия шума:

$$M = Z + D, \qquad (4.7)$$

$$Z = B'_ш + K - \beta_0, \qquad (4.8)$$

где Z — спектральный уровень ощущения шума;

D — поправка для малых уровней шума; в большинстве случаев ею можно пренебречь (при $Z < 10$ поправка $D = 0$);

$B'_ш$— результирующий спектральный уровень шума;

K — логарифмическая ширина критической полосы слуха;

β_0 — порог чувствительности для чистого тона.

Необходимые при вычислении маскировки данные K, D, β_0 и др. могут быть взяты из литературных источников [например, Л7, Л8].

На рис. 4.12 показаны спектральные характеристики типичных шумов в ухе абонента и результирующая характеристика $B'_ш$, образованная этими шумами.

В рассматриваемом случае одновременно действуют следующие шумы:

$B_{эл}$ — электрический шум, поступающий в тракт с линии (например, шум АТС);

$B_м$ — собственный шум угольного микрофона;

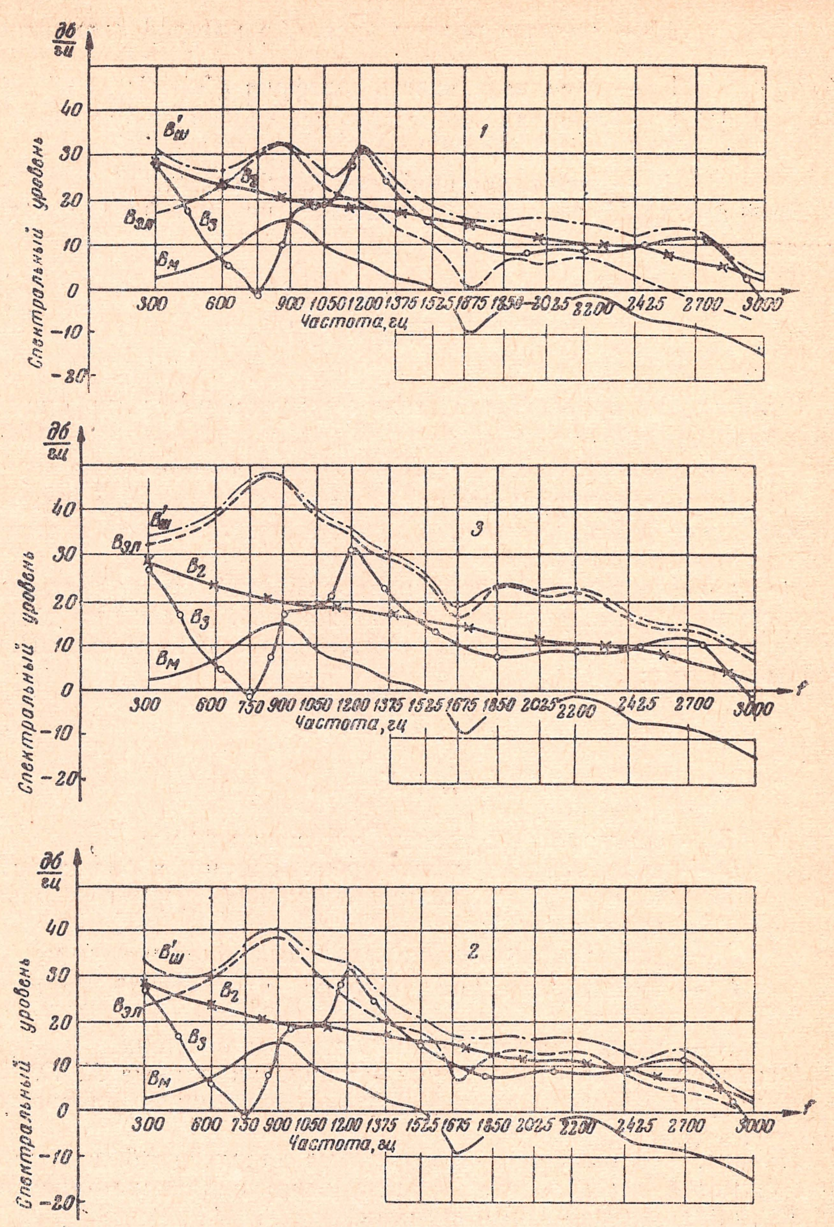


Рис. 4.12. Спектральные характеристики отдельных шумов, воздействующих одновременно на слух абонента, и характеристика результирующего шума в ухе. Уровень шума помещения $N_п=65$ *дб*. Напряжение собственного шума угольного микрофона $U_M=0{,}5$ *псоф. мв*;

1—$U_{эл}=1$ псоф. мв; 2—$U_{эл}=2$ псоф. мв; 3—$U_{эл}=3$ псоф. мв

B_2 — шум, проникающий в ухо абонента через щель между телефоном и ушной раковиной из помещения приёма;

B_3 — шум, проникающий в ухо абонента по каналу местного эффекта из помещения приёма.

Характеристику $B'_ш$ строят следующим образом. На миллиметровую сетку наносят спектральные характеристики всех шумов, как показано на рис. 4.12. После этого производят логарифмическое суммирование ординат точек всех кривых, проходящих через данную частоту, согласно выражению (4.2) или графически по рис. 4.13.

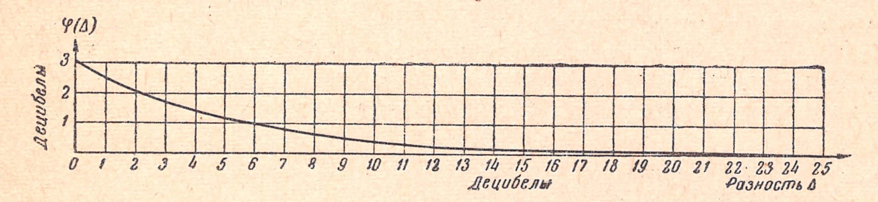


Рис. 4.13. График для логарифмического сложения уровней

Если требуется сложить несколько величин, сначала складывают две из них, затем сумму складывают с третьей величиной и т. д.

В том случае, когда складываемые величины отличаются между собой больше чем на 10 *дб*, меньшим слагаемым можно пренебречь, приняв большее из них за результирующий уровень. Ошибка не превысит 0,5 *дб*.

Поэтому при вычислении результирующей характеристики шума по четырём-пяти составляющим в большинстве случаев приходится складывать только по две-три величины.

Для логарифмического сложения двух величин $A(+)B$ с помощью графика рис. 4.13 необходимо:

1) найти разность $\Delta = A - B$, если $A > B$ или, наоборот, если $B > A$;

2) по графику найти $\varphi(\Delta)$;

3) прибавить найденную величину $\varphi(\Delta)$ к большей слагаемой величине, например A.

Тогда получится

$$A(+)B = A + \varphi(\Delta).$$

Пользуясь этим графиком, можно также определить результирующий уровень шума в помещении или в линии. Важно лишь, чтобы он был задан в децибелах.

Результирующая спектральная характеристика $B'_ш$, без учёта составляющей B_2, может быть получена путём измерений на искусственном ухе в сочетании с полосовыми фильтрами на его выходе.

4.7. Защищённость тракта от переходного разговора

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Защищённость тракта (b_0) представляет собой разность уровня полезного сигнала (P_2) и переходного разговора как шума (P_3).

$$b_0 = P_2 - P_3. \qquad (1)$$

Различают защищённость при совпадающем и противоположном направлениях передачи полезного сигнала в мешающем и в подверженном влиянию трактах.

В случае совпадающего направления передачи в обоих трактах имеем:

а) защищённость на ближнем конце

$$b_{об} = b_{пб}, \qquad (2)$$

где $b_{пб}$ — переходное затухание на ближнем конце;

б) защищённость на дальнем конце

$$b_{од} = b_{пд} - b_2, \qquad (3)$$

где $b_{пд}$ — переходное затухание на дальнем конце;

b_2 — затухание тракта, подверженного мешающему действию переходного разговора.

В случае противоположного направления передачи в обоих трактах защищённость на ближнем конце составит

$$b_{об} = b_{пб} - b_2, \qquad (4)$$

защищённость на дальнем конце

$$b_{од} = b_{пд}. \qquad (5)$$

При этом имеется в виду, что в мешающем и подверженном трактах одинаковые уровни передачи P_1 и одинаковые собственные затухания b_2.

Наибольшее мешающее действие переходного разговора приёму будет на ближнем конце (*а*) при противоположных направлениях передачи в обоих трактах. Поэтому данный случай представляет наибольший интерес.

Подробно вопрос о защищённости и переходном затухании рассмотрен А. Ч. Пухальским [Л16]. Здесь приводятся лишь экспериментальные данные о мешающем действии переходного разговора как шума, а также данные об оценке слышимости внятного переходного разговора при различных значениях переходного затухания.

Переходный разговор, попадающий в телефонный тракт, подверженный мешающему влиянию другого тракта, вызывает два вредных явления:

1) маскировку полезного сигнала;

2) возможность подслушивания чужого разговора.

Поэтому защищённость тракта должна быть такой, чтобы эти вредные явления были минимальными.

Рассмотрим количественную связь между указанными явлениями и величиной переходного затухания.

МАСКИРОВКА ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА И СНИЖЕНИЕ РАЗБОРЧИВОСТИ ПЕРЕДАЧИ

Маскирующее влияние переходного разговора или нескольких переходных разговоров заключается в том, что попадая в подверженный тракт, они действуют на слух человека аналогично шуму.

Под влиянием маскирующего действия порог чувствительности слуха естественно повышается. Вследствие этого уменьшается разборчивость.

О маскирующем действии переходных разговоров можно судить по изменению величины разборчивости в зависимости от изменения переходного затухания $b_{пер}$ на ближнем конце. Уровень передачи P_1 не меняется.

Таблица 4.10

Слоговая разборчивость при различных значениях переходного затухания

$N_a = 40$ *дб* (тишина), $P_1 = 0$ *неп*, $P_2 = -4$ *неп*, $b_2 = 4$ *неп*

Переходное затухание, *неп*	∞	9	8	7,5	7	6,5	6	5
Уровень помехи, *неп*	—∞	—9	—8	—7,5	—7	—6,5	—6	—5
Защищённость, *неп*	∞	5	4	3,5	3,0	2,5	2	1
	Слоговая разборчивость, %							
Без электрических шумов $U_{пс} = 0$ *мв*	81	77	70	65	62	58	55	45
С электрическим шумом $U_{пс} = 1$ *мв*	58	57	56	55	54	52	50	45

В табл. 4.10 приведены значения слоговой разборчивости S при различных значениях $b_{пер}$, в случае $U_{пс} = 0_{мв}$ и $U_{пс} = 1$ *мв*.

Защищённость тракта b_0 относится к ближнему концу при противоположных направлениях передачи в обоих трактах [1]).

Переходный разговор при $P_1 = 0$ *неп*, $b_n = 6{,}5$ *неп*, $U_{nc} = 0$ *мв* вызывает то же маскирующее действие, что и электрический шум при $U_{nc} = 1$ *мв* и $b_n = \infty$.

Из таблицы видно, что когда в подверженном тракте имеется электрический шум с $U_{nc} = 1$ *мв*, добавочный шум в виде переходных разговоров снижает разборчивость незначительно: с $S = 58\%$ при отсутствии переходных разговоров ($b_n = \infty$) до $S = 55\%$ при уровне переходного разговора $P_2 = -7{,}5$ *неп*.

Наиболее сильное снижение разборчивости за счёт маскировки переходными разговорами имеет место при переходном затухании меньше 6,5 *неп*.

В реальных условиях в телефонных трактах всегда имеется электрический шум порядка 1 *пс.мв* и акустический шум с уровнем 50 ÷ 60 *дб*. Поэтому на фоне имеющегося шума данный шум от переходных разговоров имеет относительно меньший удельный вес, чем если бы в тракте вовсе не было шума.

Для обеспечения хорошего качества передачи, определяемого величиной слоговой разборчивости $S = 55\%$, переходное затухание должно быть не ниже 7,5 *неп* (см. табл. 4.10).

В том случае, когда одновременно на подверженную цепь (например, пару кабеля) воздействует несколько мешающих цепей, b_n данной цепи должно быть соответственно выше.

Защищённость тракта при $b_n = 7{,}5$ *неп*, $P_3 = -7{,}5$ *неп* и $P_1 = 0$ составляет:

$b_2 = 0{,}8$ *неп*; $b_0 = 7{,}5 - 0{,}8 = 6{,}7$ *неп* [2]);
$b_2 = 3{,}0$ *неп*; $b_0 = 7{,}5 - 3{,}0 = 4{,}5$ *неп*;
$b_2 = 3{,}5$ *неп*; $b_0 = 7{,}5 - 3{,}5 = 4{,}0$ *неп*;
$b_2 = 4{,}0$ *неп*; $b_0 = 7{,}5 - 4{,}0 = 3{,}5$ *неп*.

Величина защищённости может быть также найдена из условия исключения маскировки слабых согласных звуков переходными разговорами. Известно, что уровень согласных звуков на 10 ÷ 23 *дб* ниже уровня гласных и, в частности, звука *А*.

Поэтому нужно, чтобы уровень полезного сигнала P_2 был, по крайней мере, на 23 *дб* выше P_3.

Это превышение уровня над P_3 и есть защищённость b_0.

Введя некоторый запас, например 5 *дб*, находим $b_0 = 28$ *дб*, или 3,2 *неп*, что близко к значению защищённости, полученному экспериментально с помощью зависимости $S = \varphi(b_{пер})$.

Найденные здесь величины защищённости тракта только в том случае могут считаться приемлемыми, если они исключают возможность подслушивания в тишине переходных разговоров.

[1]) Этот случай соответствует защищённости принимаемого разговора (сигнала) $b_0 = b_{пб} - b_2$ и является наиболее тяжёлым на телефонной сети.

[2]) Это соответствует норме защищённости тракта МТС без городских участков.

При высокочувствительных телефонах, применяемых в современных телефонных аппаратах, слышимость переходного разговора может в некоторых случаях быть разборчивой даже без включения специальных усилителей. Поэтому вопрос о защищённости тракта, с точки зрения подслушивания телефонных разговоров, является весьма существенным.

Результаты субъективной оценки слышимости переходного разговора, произведённой специальной бригадой из 14 слушающих и 8 говорящих операторов при нескольких повторениях циклов измерений, показаны в табл. 4.11.

Оценка слышимости производилась в тишине ($N_a = -34 \div -37$ *дб*) при различных значениях переходного затухания.

Аппараты как передатчики давали нулевой уровень. Затухание тракта было предельным — 4 *неп* (5—24—5).

Перед микрофоном аппарата мешающего тракта читались короткие фразы, взятые из газет.

Из табл. 4.11 видно, что в случае телефонного аппарата ТАН-5 переходный разговор неразборчив до величины $b_{пер} = 7{,}0$ *неп* в 100% случаев.

На аппарате «Виктория» при том же $b_{пер} = 7{,}0$ *неп* переходный разговор разборчив в 79% случаев.

Следовательно, $b_{пер}$ должно быть выше 7 *неп*. Учитывая возможные производственные разбросы по чувствительности телефонов в бо́льшую сторону, $b_{пер}$ должно быть равным не менее 8,0 *неп*.

Разброс по чувствительности микрофонов здесь не учитывается, поскольку в качестве передающего аппарата нами взят аппарат с нулевым уровнем передачи. Большинство аппаратов отдаёт меньшую мощность.

При этих условиях защищённость b_0 находится в пределах $4{,}0 \div 8{,}0$ *неп*, в зависимости от затухания тракта b_2.

Указанная величина b_0 превышает найденную выше по фактору маскировки на 0,5 *неп*.

Для современных телефонных аппаратов с большей чувствительностью приёма и более широкой полосой частот, чем в аппаратах типов ТАН и БАГТА, защищённость от подслушивания переходных (чужих) разговоров должна быть на $0{,}5 \div 0{,}7$ *неп* выше защищённости от тех же переходных разговоров по их маскирующему действию.

Величина чувствительности приёмо-передачи вновь разрабатываемых телефонных аппаратов должна определяться с обязательным учётом защищённости трактов.

Таблица 4.11

Оценка слышимости переходного разговора в телефонном тракте с затуханием 4 *неп* (5—24—5) В помещении приёма — тихо ($N_a = 34 \div 37$ *дб*). Передача ведётся с нулевым уровнем. Эл ктрических шумов нет ($U = 0$ *псоф.мв*)

Оценка \ Переходное затухание *неп*	Аппарат ТАН-5					Аппарат „Виктория"				
	9	8	7	6	5	9	8	7	6	5
	Проценты									
Не слышу и слышу неразборчиво (бормотание)	100	100	50	0	0	100	100	7	0	0
Разбираю отдельные слова	0	0	50	35,7	0	0	0	14	0	0
Разбираю всё	0	0	0	64,3	100	0	0	79	100	100

«Разбираю всё»

b_n, *неп*	ТАН	„Виктория"
9	0	0
8	0	0
7	0	79%
6	64,3%	100%
5	100%	100%

Под термином «разбираю всё» или «полная разборчивость» имеется в виду та разборчивость, которую участники испытаний считали для себя достаточной, чтобы слышимый ими переходный разговор был для них понятен.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Федорович и А. Г. Эльсниц. Методы оценки качества телефонной передачи, рекомендуемые МККТТ, М., Связьиздат, 1958.
2. Материалы 4 ИК МККФ, Зеленая Книга, т. 4, Женева, 1956.
3. Л. С. Проккок. Обсуждение проблемы оценок телефонной передачи. A survey of the Telephone Transmission-Rating Problem. Journal of the Institution of Electrical Engineers IER, 1948., т. 95, part III.
4. А. Ф. Белецкий. Телефония, ч. I. Основы телефонной передачи. Ленинград, 1952, стр. 115.
5. Л. Беранек. Акустические измерения. ИЛ, Москва, 1952, стр. 430.
6. МККФ, 4 ИК, документ № 26, 1955/1956 гг.
7. Ю. С. Быков. Теория разборчивости речи. Москва, Оборонгиз, 1959.
8. Н. Б. Покровский. Расчёт и измерение разборчивости речи (рукопись).
9. МККТТ, 12 ИК; документы № 41 и 43, 1959.
10. И. Е. Финклер. Телефонные аппараты и таксофоны. Связьиздат, 1950.
11. Е. К. Кузнецов. Телефонные аппараты. Связьиздат, 1956.
12. H. I. C. Spenser, F. A. Wilson. Новый телефонный аппарат типа 700. The Post Office Electrical Engineers Journal, 1956, vol, 49, July, part 2, стр. 69—81.
13. I. S. P. Ruberton. Телефон с качающимся якорем. The Rocking Armature Receiver, The Post Office Electrical Engineers Journal, 1956, vol 49, April, part 1, стр. 40—46.
14. H. I. C. Spenser and F. A. Wilson. Новый телефонный аппарат типа 706. The Post Office Electrical Engineers Journal. vol. 52, part 1, April, стр. 1—12.
15. Рекомендации МККТТ. Связьиздат, 1959.
16. А. Ч. Пухальский. Измерения в дальней связи. Связьиздат, 1952.
17. И. Е. Финклер. Новый венгерский телефонный аппарат ЦБ-АТС типа СВ-555. Информация о технике городской и сельской телефонной связи № 6/30, 1958.
18. I. Tothfalussi. Типы венгерских телефонных аппаратов. Hung. Heavy, Iuds , 1960, № 28, стр. 42—45.
19. И. Е. Финклер и В. Д. Пиотрович. Работа угольного микрофона при малых токах питания. Н. Т. бюллетень НИИТС № 1, Ленинград, 1958.
20. М. А. Сапожков. Защита трактов радио и проводной телефонной связи от помех и шумов. Связьиздат, 1959.
21. И. Е. Финклер и Р. К. Лугова. Метод оценки естественности телефонной передачи. Рукопись, 1959.
22. МККТТ, 12 ИК. Документ № 38, 1958.

23. Е. К. Кузнецов. Исследование возможностей улучшения схемы противоместного телефонного аппарата ЦБ-АТС. Отчёт по НИР, МЭИС, Москва, 1959.

24. МККТТ, 4 ИК (ныне 12 ИК). Документ № 27, 1956.

25. H. Meister. Knackmessgerat P. T. T., № 12, 1952.

26. З. С. Юркова. Электрические шумы в разговорном тракте. АТС. Сборник трудов НИИТС № 4, Ленинград, 1959.

27. Р. К. Лугова. Об эквивалентности шумов АТС и шумов белого спектра. Сборник трудов НИИТС № 4, г. Ленинград, 1959.

28. Takeyuki Ionezawa. Измерение шума в местных телефонных цепях. Reports of the Electr. Commun. Lab. Nippon Telegraph and Telephone Publ. Corp, vol 3, № 1, Jonuary, 1955.

29. О. Ф. Захарова и З. С. Юркова. Исследование шумов, наводимых в линиях связи электрифицированными железными дорогами. Сборник трудов НИИТС, № 8, 1961.

30. МККТТ, Красная Книга, т. I, Женева, 1957.

31. МККТТ, 12 ИК. Документы № 46 и 67, 1960.

32. МККТТ, 12 ИК. Временный документ № 12, май 1960.

33. D. F. Hoth. Спектр комнатного шума в месте расположения абонентского телефона. Journal of the Acoustical Society of America, vol 2, 1941. стр. 499.

34. A. F. Bennett. Усовершенствованная схема телефонного аппарата, An Improved circuit for the Telephone set. Bell Syst. Techn. Journal, vol 32, № 3, 1953, стр. 611—626.

35. Г. С. Цыкин. Трансформаторы низкой частоты. Связьиздат, 1955.

36. Е. К. Кузнецов. Улучшение схемы противоместного телефонного аппарата ЦБ-АТС. Отчёт по НИР, МЭИС, Москва, 1957.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Исаак Ехильевич Финклер

ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕФОННОГО ТРАКТА

Отв. редактор *Е. К. Кузнецов*
Техн. редактор *А. А. Слуцкин*
Редактор *Л. М. Кириллов*
Корректор *В. С. Евдокимова*

Сдано в набор 19/IX 1961 г.
Подписано в печать 7/XII 1961 г.
Форм. бум. $60 \times 92^1/_{16}$
8,25 печ. л.
7,0 уч.-изд. л.
Тираж 5500 экз.
Т-13865
Зак. изд. 9350
Цена 35 коп
Связьиздат, Москва-центр, Чистопрудный бульвар, 2.

Типография Связьиздата, Москва-центр, ул. Кирова, 40. Зак. тип. 511

ЦЕНА 35 коп.